ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 JUIN 1926.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES LALLEMAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du décret, en date du 15 juin 1926, qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Victor Grignard** pour occuper la place de membre non résidant vacante par le décès de M. *W. Kilian*.

Il est donné lecture de ce décret.

M. le **Président** annonce en ces termes le décès de Sir *Philip Watts*, Correspondant de l'Académie :

J'ai le regret d'annoncer à l'Académie la mort — survenue à Londres le 15 mars dernier, mais que nous venons seulement d'apprendre — de l'un de ses Correspondants pour la Section de Géographie et Navigation, Sir **Philip Watts**, né à Greenwich le 30 mai 1846.

Tout d'abord, attaché jusqu'en 1885 au Service de l'Amirauté, Sir Philip Watts avait pris part à l'étude des premiers cuirassés à tranches cellulaires.

Devenu ensuite chef du département naval de la maison Armstrong-Withworth, il a présidé à la construction de nombreux navires de guerre, destinés à la Grande-Bretagne et à diverses marines étrangères.

Appelé, en 1902, à la tête de la Section des Constructions navales de l'Amirauté, il faisait, deux ans plus tard, mettre en chantier le fameux *Dreadnought* qui a rendu célèbre son nom. On lui doit en outre les plans des premiers *Superdreadnought*.

Membre de la Royal Society, Sir Philip Watts avait été élu, le 4 novembre 1918, Correspondant de notre Académie.

Ses principales études techniques ont porté sur le roulis des navires et les moyens de le diminuer par l'addition de *waterballast*.

Il a, d'autre part, élucidé l'importante question des rapports qui existent entre la vitesse d'un bâtiment et la profondeur de l'eau sous la quille.

Sir Philip Watts laissera le souvenir d'un brillant ingénieur naval, doublé d'un administrateur perspicace.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. le Professeur **Da Costa Lobo**, directeur de l'Observatoire de Coïmbra, qui assiste à la séance.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce que le tome cinquante-huitième (deuxième série) des *Mémoires de l'Académie des sciences de l'Institut de France* est en distribution au Secrétariat.

Sur la proposition de M. le **Secrétaire perpétuel**, l'Académie décide que la prochaine séance publique annuelle aura lieu 13 décembre 1926.

MÉTÉORITES. — *Note préliminaire sur un aérolithe découvert dans le département de la Côte-d'Or et, à ce propos, remarques sur la classification et la nomenclature des chondrites.* Note de M. **A. Lacroix**.

Au cours d'une recherche sur les minerais de fer du Châtillonnais (Côte-d'Or), M. C. Courtois reçut comme tel un bloc à facies limoniteux dont la cassure était différente de celle de toutes les roches de la région; le polissage d'une surface lui ayant fait voir des particules métalliques, il songea à la possibilité d'une météorite pierreuse et voulut bien me consulter. Sur ma réponse affirmative, il s'enquit de l'origine de ce bloc; l'enquête faite par M. Pion Rollin et dont le détail sera publié dans un autre Recueil, peut être résumée de la façon suivante :

Cette météorite a été recueillie vers 1890 au Tertre, en Villedieu, et transportée à Molesme, commune limitrophe, où elle a été placée sur le mur d'une cour, en présence de M. Pion Rollin qui l'y a retrouvée récemment. Mais tandis qu'elle avait à l'origine « un aspect bronzé comme si elle sortait d'une forge », elle était alors recouverte par une couche de mousses et de lichens. Un témoin a été rencontré qui se souvient avoir

entendu raconter, il y a quelque trente ans, par son grand-oncle, M. Victor Vaucher, de Molesme, qu'une nuit, revenant de la fête de Villedieu (28 mai ou le dimanche qui suit cette date), il entendit, par temps clair et étoilé, une détonation comparable au tonnerre, accompagnée par l'apparition d'une boule de feu traversant l'espace. Il a remarqué qu'elle tombait au lieu-dit le Tertre, en Villedieu, à 300^{m} de Molesme et qu'elle paraissait rouler sur le coteau, en se dirigeant vers les étangs de la Motte, c'est-à-dire vers l'endroit où la pierre a été recueillie; quant à la date elle n'a pu être fixée. Ces renseignements, bien que n'étant pas aussi précis qu'on pourrait le désirer, permettent de penser, en tous cas, que ce phénomène doit être en relation avec la chute de la météorite qui fait l'objet de cette Note et, en outre, on peut assurer que cette météorite n'a rien de commun avec celle tombée, le 30 mai 1866, à 3^{h}30 à Saint-Mesmin, commune du département de l'Aube, située (à vol d'oiseau) à 64^{km},30°NW de Molesme, les pierres de ces deux localités étant différentes.

La météorite de Villedieu, d'abord déposée au Musée de Châtillon-sur-Seine, a été offerte par le maire de cette ville au Muséum national d'histoire naturelle; elle y a pris place dans une vitrine, où je viens de réunir des échantillons, parfois entiers, de presque toutes celles des météorites qui, tombées sur le sol français, ont pu être recueillies. Le nombre de ces chutes s'élève à cinquante [1], abstraction faite de plusieurs autres qui sont douteuses ou apocryphes.

Le poids initial de la météorite en question a dû être d'environ 14^{kg}; sa forme est celle d'un trièdre irrégulier et allongé dont la plus grande face serait remplacée par une surface très bombée; la seconde face, très large, ondulée plutôt que plane, mesure 30^{cm} × 16^{cm}; enfin la troisième est extrêmement bosselée, ses dimensions sont 30^{cm} × 12^{cm}.

Ces trois faces ou surface sont bien celles qui limitaient la météorite au moment de sa chute; on y distingue en effet, çà et là, des lambeaux discontinus et limonitisés d'une croûte fondue qui a dû en partie disparaître lorsque l'échantillon a été lavé à la brosse pour faire disparaître les lichens et mousses qui le recouvraient. On y voit aussi quelques piézoglyptes

---

(1) La plus ancienne est celle d'Ensisheim (Bas-Rhin) qui date du 16 novembre 1492, et la plus récente celle de Saint-Sauveur près Toulouse, du 19 juillet 1914.

Une autre vitrine est consacrée aux météorites tombées dans les colonies françaises ; ces chutes sont au nombre de 14 : Indochine, 3; Algérie et Sahara algérien, 7; Sénégal, Soudan et Haute-Volta, 4.

rendus peu distincts par l'altération superficielle. L'extérieur est teinté d'un jaune qui contraste avec la couleur d'un noir verdâtre de la pierre normale, bien visible sur deux cassures artificielles limitant ses extrémités. Cette altération n'a atteint que la surface, car, à quelques millimètres de celle-ci, la roche apparaît intacte, très dure, très tenace; son tissu est fort serré; c'est certainement à cette propriété et à sa stagnation sur un mur, et non point dans la terre humide, qu'est due la fraîcheur de cette météorite, malgré son séjour de plus de vingt-cinq ans à l'air libre.

L'examen microscopique met en évidence les caractères des *chondrites* : Avant d'aborder une description sommaire, je voudrais présenter quelques considérations sur la classification et la nomenclature de ce groupe d'aérolithes, tel que je le comprends.

Les *chondrites* doivent être divisées en plusieurs sous-groupes, présentant entre eux une très grande analogie chimique, quand on ne considère que les molécules de leurs éléments sans faire état de l'oxygène; par contre, elles diffèrent entre elles par le degré d'oxydation de ces éléments, et c'est là la propriété qui détermine leurs variations de composition minéralogique. Théoriquement l'on peut considérer trois sous-groupes possibles : *pyroxénique*, *pyroxéno-péridotique* et enfin *péridotique*, suivant leur richesse en oxyde ferreux et par suite leur teneur décroissante en fer métallique, celui-ci étant d'autant plus pauvre en nickel qu'il est plus abondant. En réalité, le sous-groupe péridotique, ne renfermant que des orthosilicates, et dont l'équivalent parmi les achondrites a été fourni par la seule chute de Chassigny, n'a pas été observé jusqu'ici dans les chondrites; il n'y a donc à considérer que les deux premiers sous-groupes.

Chondrites pyroxéniques. — Le fer n'existe qu'à l'état métallique, ou de sulfure; il présente là son minimum de teneur en nickel; le pyroxène est de l'enstatite pure; le calcium se trouve en partie à l'état de sulfure (oldhamite). Ce type de chondrite n'a été observé que dans six chutes, parmi lesquelles figure celle de Saint-Sauveur.

Chondrites pyroxéno-péridotiques. — Ici il existe de nombreuses variations, de moins en moins riches en fer métallique, au fur et à mesure que les silicates deviennent plus ferrugineux.

Les types les plus riches en fer nickélé renferment comme pyroxène de la bronzite; ceux dépourvus de fer métallique ou pauvres en ce métal, de l'hypersthène très ferreux.

Il résulte de ce court exposé que, pour classer les chondrites au point de vue minéralogique, on peut se servir indifféremment de la nature de leur pyroxène, de l'importance ou de la composition de leur fer nickélé. M. Prior a basé sa terminologie (*chondrites à bronzite, chondrites à hypersthène*) sur le premier caractère. Il me paraît plus commode pour l'ensemble du groupe des chondrites de faire appel, en premier lieu, à la teneur en fer métallique qui peut être appréciée par l'observation directe d'une surface polie sans intervention de l'analyse chimique, qui n'est pas toujours possible; ce procédé a aussi l'avantage de maintenir dans la nomenclature la

continuité avec les autres groupes de météorites (sidérites, lithosidérites), où la teneur en fer métallique constitue le caractère cardinal.

Par analogie avec le principe que j'ai appliqué aux roches terrestres contenant du quartz ou des feldspathoïdes, j'appelle chondrites *sidériques* celles où le fer est le plus abondant, celles où il n'existe qu'à l'état métallique (les chondrites pyroxéniques) et chondrites *sidérifères*, celles où il existe en moindre quantité à l'état métallique, une autre partie du fer se trouvant à l'état silicaté (chondrites pyroxéno-péridotiques); ces dernières peuvent être subdivisées à leur tour en chondrites *mégasidérifères* (types à bronzite), et enfin *oligosidérifères* et *cryptosidérifères* (types à hypersthène); il me paraît logique de comprendre dans ces dernières les météorites appelées jusqu'ici *amphotérites*, qui sont généralement considérées comme des achondrites, mais où, en réalité, les chrondes sont souvent fort abondants. Il ne faut pas oublier que, quel que soit le point de vue auquel on se place, les limites de ces subdivisions, utiles pour les descriptions, ne peuvent être qu'arbitraires, les analyses, aussi bien que l'étude microscopique, montrant la continuité de la série chondritique. Tels sont là les seuls groupements qu'il soit possible d'y établir sur une base minéralogique et chimique; tous les autres, qui ont été distingués par divers auteurs, ont été établis sur des erreurs de diagnostic minéralogique ou bien sur des caractères de structure ou de texture.

Dans cette nomenclature, la météorite de Molesme est une chondrite pyroxénopéridotique mégasidérifère. Sur une surface polie, le fer nickélé apparaît abondant, englobant les silicates et moulé par la pyrrhotite, mais l'examen métallographique fait voir, en outre, qu'il renferme des plages micrographiques de pyrrhotite; la cristallisation du sulfure s'est donc prolongée plus longtemps que celle du métal.

Je ne donnerai ici que quelques indications préliminaires sur la partie silicatée qui ne saurait être décrite fructueusement sans figures; elle comprend les minéraux suivants : bronzite, clinobronzite (localement cerclées de diopside-bronzite), olivine, avec seulement traces d'un feldspath non maclé. Les chondres, déjà visibles sur une surface polie, et présentant la coloration noirâtre de l'ensemble de la roche dont l'aspect rappelle celui de la chondrite de McKinney, apparaissent au microscope comme très nombreux et très variés de composition et de structure. Ils correspondent aux types suivants : chondres simples, monosomatiques ou polysomatiques d'olivine, polysomatiques de bronzite (à fibres excentriques ou enchevêtrées) et de clinobronzite (porphyriques); chondres composés, avec fréquence de la structure porphyrique et en tous cas antériorité de l'olivine sur les pyroxènes quels qu'ils soient. Les chondres pyroxéniques prédominent; ils sont parfois brisés.

Cette chondrite ne présente ni veinules ni structure bréchiforme.

PHYSIOLOGIE. — *Effets protecteurs des injections salines préalables sur l'anesthésie chloroformique*. Note de MM. **Charles Richet** et **P. Lassablière**.

Tous les chirurgiens et tous les physiologistes savent que le principal danger de l'anesthésie chloroformique, c'est la syncope cardiaque. Il y a donc grand intérêt à trouver le moyen d'empêcher cette intoxication (mortelle) des ganglions cardiaques. L'atropine, la scopolamine et d'autres substances encore ont été employées parfois à cet effet. Mais leur usage n'est pas sans inconvénient, et les résultats sont contradictoires.

Or nous avons vu que, si l'on fait avant l'inhalation chloroformique l'injection veineuse d'une solution hypertonique de chlorure de sodium, il ne se produit pas alors de syncope cardiaque, pourvu que la quantité injectée soit suffisante.

Le chloroforme était toujours donné de la même manière. Une quantité connue (12^{cm^3}) était versée sur de l'ouate, mise dans le masque habituel, en prenant soin que l'air arrive en proportions suffisantes.

Voici quelques exemples de l'anesthésie après injection saline.

A. Un chien de 18^{kg} reçoit dans la veine une injection de 180^{cm^3} d'une solution de chlorure de sodium à 28^g par litre. Il inhale d'abord 12^{cm^3} de chloroforme et au bout de 5 minutes il n'est pas endormi. On redonne 10^{cm^3} de chloroforme : une minute après il dort profondément. Le cœur et la respiration fonctionnent d'une manière irréprochable.

B. Une chienne de 13^{kg} reçoit dans la veine 130^{cm^3} de la même solution de chlorure de sodium 9° par litre. L'anesthésie est difficile. Pour arriver à la résolution complète il faut lui donner la dose énorme de 52^{cm^3} de chloroforme et l'anesthésie totale n'a été obtenue qu'au bout de 21 minutes : le cœur et la respiration n'ont pas été un seul instant en danger.

C. Un chien de $12^{kg},500$ reçoit dans la veine 125^{cm^3} d'une solution de chlorure de sodium à 38^g par litre (ce qui est la teneur de l'eau de mer en chlorure de sodium). Le sommeil survient très difficilement et seulement au bout de 18 minutes, après la dose énorme de 60^{cm^3} de chloroforme. Le cœur et la respiration n'ont jamais été en péril.

Opposons à ces trois expériences les anesthésies faites sur des chiens n'ayant pas reçu l'injection préalable de la solution saline.

D. Un chien meurt en 1 minute et demie d'une syncope cardiaque après inhalation de 12^{cm^3} de chloroforme.

E. Un chien après inhalation de 22^{cm^3} de chloroforme est tout à fait anesthésié. Le

cœur et la respiration fonctionnent bien. On le détache et on cesse la chloroformisation. Mais soudain, après 5 minutes d'une respiration qui paraît normale, le cœur s'arrête définitivement.

F. Un chien inhale 12^{cm^3} de chloroforme. Au bout de 2 minutes, syncope cardiaque. Malgré la respiration artificielle il meurt.

G. Au bout de 6 minutes d'inhalation chloroformique de 10^{cm^3}, mort, syncope cardiaque.

H. Un chien au bout de 3 minutes d'inhalation de 10^{cm^3} de chloroforme meurt de syncope cardiaque.

Voici une autre expérience qui montre bien cette influence de l'injection préalable de sérum salin; car, si la quantité injectée est trop faible, elle paraît être sans effet.

Un chien de 18^{kg} reçoit en injection intra-veineuse 5^{cm^3} par kilogramme (au lieu de 10^{cm^3} par kilogramme qu'ont reçus les autres chiens) d'une solution de chlorure de sodium à 38^{g} par litre. Inhalation de 12^{cm^3} de chloroforme. Mort au bout de 1 minute par syncope cardiaque.

Nous ne présentons ici ces faits que comme une communication préliminaire, car il reste encore bien des conditions à déterminer. Mais il nous a paru important, étant donnée l'innocuité absolue des injections salines, de montrer qu'alors la résistance du cœur s'est énormément accrue puisque nous voyons des quantités de chloroforme six fois plus grandes n'amener ni syncope, ni même menace de syncope, chez les chiens injectés.

Toutefois il faut remarquer qu'il y a un inconvénient à cette injection de sérum, à savoir une résistance plus grande à l'anesthésie même. Les animaux injectés s'endorment beaucoup plus difficilement, de sorte que ce ne sont pas seulement les ganglions cardiaques qui deviennent plus réfractaires à l'intoxication chloroformique, mais encore les cellules motrices et sensitives du système nerveux central.

Il y a d'ailleurs tant de différences entre les réactions du cœur chez le chien et chez l'homme qu'on ne peut, sans une témérité inexcusable, conclure du chien à l'homme, et que c'est l'observation clinique qui devra toujours décider souverainement.

Ce sera aux chirurgiens à décider si une résistance plus grande à l'anesthésie générale compense une résistance plus grande à l'intoxication cardiaque.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence du nickel et du cobalt sur l'action exercée par l'insuline, chez le lapin.* Note [1] de MM. **Gabriel Bertrand** et **M. Mâchebœuf.**

Comme nous l'avons communiqué récemment, le pancréas est un des organes les plus riches en nickel et en cobalt. En outre, les préparations d'insuline qu'on en tire sont encore plus riches : c'est ainsi qu'à poids égal on peut trouver des centaines de fois plus de nickel et de cobalt dans ces préparations que dans les glandes d'où elles ont été extraites [2].

Rapprochant ces résultats du rôle joué par le manganèse dans l'action oxydasique de la laccase [3], nous avons cherché si le nickel et le cobalt intervenaient d'une manière quelconque dans l'action hypoglycémiante de l'insuline.

Après quelques essais d'orientation, nous avons préparé, avec de l'eau de mer rendue isotonique, des solutions renfermant $0^{mg},1$ par centimètre cube soit de nickel, soit de cobalt (à l'état de sulfate ou de chlorure), puis nous avons comparé l'action hypoglycémiante de l'insuline en l'absence et en présence d'une proportion déterminée de chacune de ces solutions métalliques ou de leur mélange. En outre, afin de pouvoir tenir compte, s'il y avait lieu, de l'action des métaux sur la glycémie, nous avons essayé les solutions minérales sans insuline. Mentionnons tout de suite qu'aux doses (de $0^{mg},05$ à $0^{mg},01$ par kilogramme d'animal) auxquelles nous les avons ordinairement expérimentés, les deux métaux étaient sans effet appréciable.

Les animaux utilisés étaient à jeun depuis la veille (dernier repas à 15^{h}). On leur injectait les solutions sous la peau de l'abdomen, immédiatement après une première prise de sang. Celle-ci était faite directement dans le cœur. Il en était de même des suivantes, répétées généralement d'heure en heure, comme il est indiqué sur les graphiques.

Dans les expériences sur les lapins que nous rapportons aujourd'hui, les poids des animaux étaient compris entre 1500 et 2000^{g} et aussi voisins que possible dans chaque série.

L'insuline a été employée à la dose de $\frac{2}{5}$ d'unité clinique par 1500^{g}

---

(1) Séance du 14 juin 1926.

(2) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1305.

(3) Gabriel Bertrand, *Comptes rendus*, 124, 1897, p. 1032 et 1355.

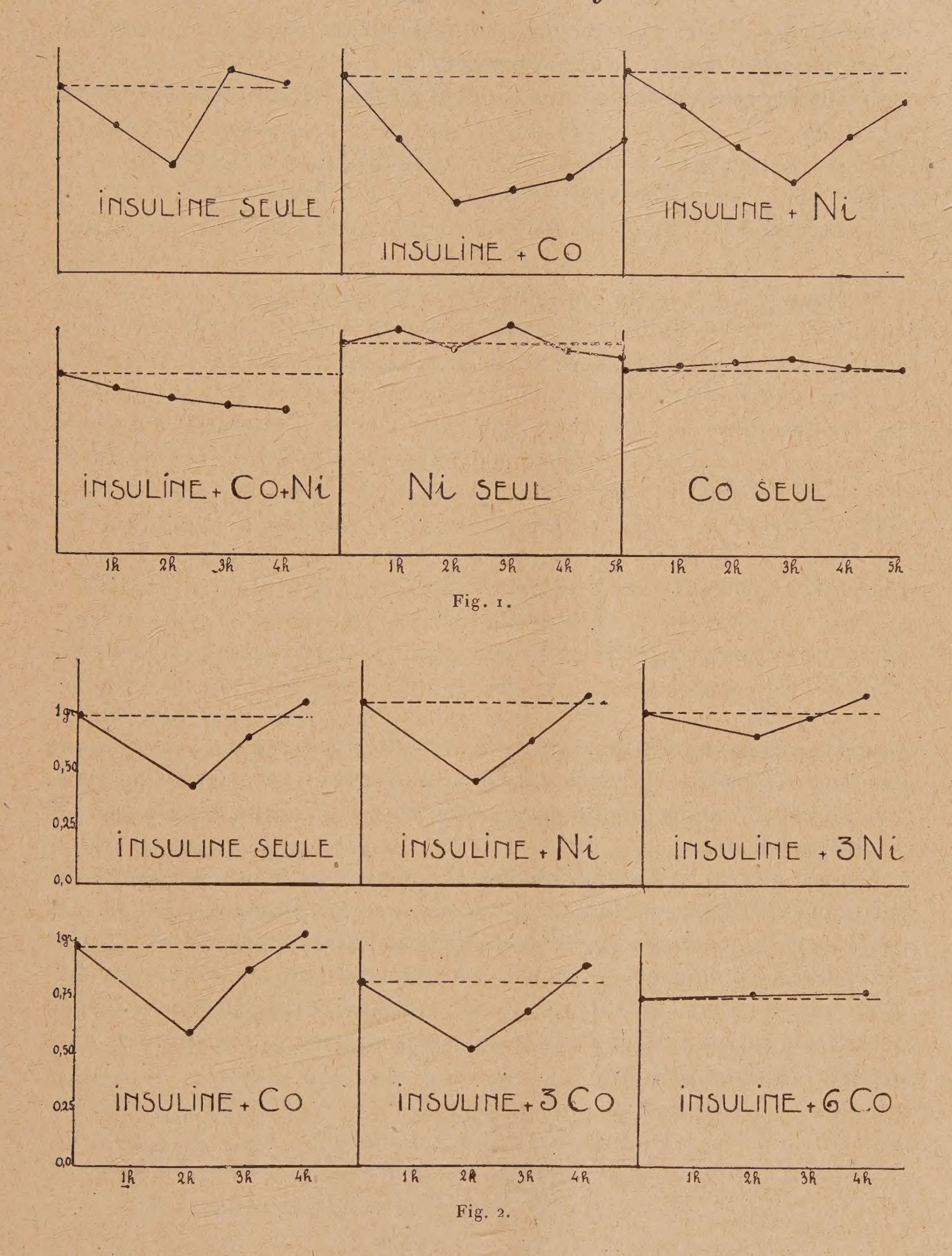

INSULINE SEULE
INSULINE + Co
INSULINE + Ni
INSULINE + Co+Ni
Ni SEUL
Co SEUL
1h 2h 3h 4h
1h 2h 3h 4h 5h
1h 2h 3h 4h 5h
1gr
0,50
0,25
0,0
INSULINE SEULE
INSULINE + Ni
INSULINE + 3 Ni
1gr
0,75
0,50
0,25
0,0
INSULINE + Co
INSULINE + 3 Co
INSULINE + 6 Co
1h 2h 3h 4h
1h 2h 3h 4h
1h 2h 3h 4h

Fig. 1.

Fig. 2.

d'animal dans les deux premières séries d'expériences et de $\frac{2}{5}$ d'unité clinique par 2000^g d'animal dans la troisième.

Quant aux solutions métalliques, on les a injectées, sauf indications con-

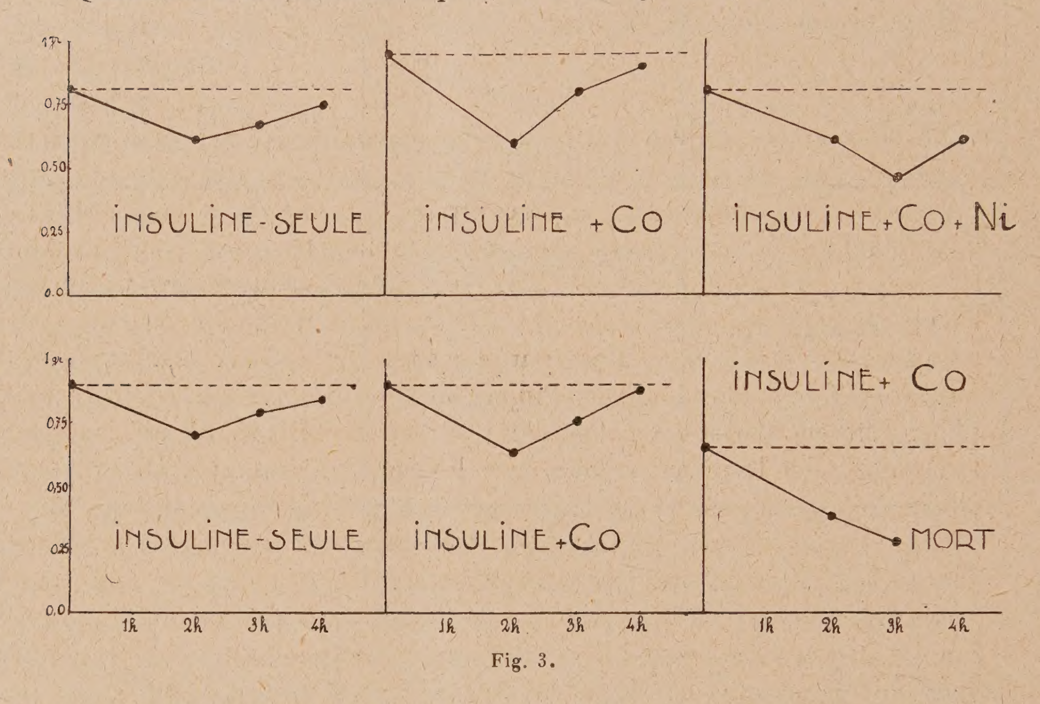


Fig. 3.

traires mentionnées sur les graphiques, à la dose de 1$^{cm^3}$ par 1500^g d'animal dans toutes les séries. Pour les expériences avec le nickel et le cobalt réunis, on a injecté 1$^{cm^3}$ du mélange à parties égales des deux solutions au lieu de 1$^{cm^3}$ de chacune d'elles.

Notons enfin qu'à l'exception des expériences de la première série, les autres ont été faites en double, c'est-à-dire sur deux animaux à la fois. Les graphiques donnent alors la moyenne des résultats obtenus.

L'influence du nickel et du cobalt a été différente suivant les préparations d'insuline. Il fallait d'ailleurs s'y attendre, puisque ces préparations offraient des teneurs variables en métaux. C'est ainsi qu'une des préparations dans laquelle nous avions trouvé :

	Prise d'essai en unités cliniques.	Prise d'essai en matières organiques.	Proportions en millièmes de milligramme pour 100 unités. Ni.	Proportions en millièmes de milligramme pour 100 unités. Co.
Préparation commerciale en poudre lactosée....	100	880^{mg}	6	60

a fourni presque exactement les mêmes résultats sur le lapin en présence et en l'absence des deux métaux, essayés à la dose ordinaire de $0^{mg},067$ par kilogramme d'animal. Lorsque nous avons répété les expériences avec cette préparation en triplant et en sextuplant la dose de métal, il y a eu diminution, puis arrêt de l'action hypoglycémiante de l'insuline, au moins pendant les quatre heures qui ont suivi les injections. C'est ce qu'on voit sur les graphiques du tableau qui résume les résultats de la deuxième série d'expériences.

Avec d'autres préparations, au contraire, le nickel et le cobalt ont augmenté dans une proportion importante la quantité de sucre détruit. On en jugera au premier coup d'œil en comparant les surfaces comprises, sur chacun des graphiques des séries 1 et 3, entre la droite d'ordonnée constante égale à la glycémie initiale et la courbe des teneurs en sucre sanguin pendant les 4 à 5 heures qui suivent l'injection.

Une différence est à noter dans cette activation remarquable de l'insuline par le nickel et le cobalt suivant que les métaux sont ajoutés seuls ou associés.

Ajoutés seuls, ils ne modifient pas d'une manière sensible la vitesse de l'action hypoglycémiante, ils l'intensifient et la prolongent. Les deux métaux se comportent alors à peu près l'un comme l'autre. Tout au plus semble-t-il, avec les préparations dont nous nous sommes servis, que le cobalt soit un peu plus actif que le nickel.

Si l'on ajoute à la fois les deux métaux à l'insuline, moitié l'un et moitié l'autre, il devrait donc y avoir superposition de l'effet obtenu avec les précédents. Au contraire, la courbe d'hypoglycémie présente le plus souvent alors une autre allure : la vitesse de la destruction du sucre est ralentie tandis que sa durée est prolongée plus longuement que par les métaux ajoutés séparément. C'est comme si le mélange de nickel et de cobalt amortissait l'action de l'insuline, la régularisait et la rendait plus durable. On se rend très bien compte de cet effet en examinant les graphiques de la première série d'expériences.

Les faits que nous venons d'exposer comportent des conséquences théoriques et pratiques que nous nous proposons d'examiner à la suite de nouvelles expériences, destinées à compléter les précédentes. Nous nous contenterons, pour aujourd'hui, de faire ressortir la possibilité d'amélioration qualitative et quantitative des préparations d'insuline par l'addition, en proportions convenables, de nickel et de cobalt.

BIOLOGIE. — *Le processus membranogène et le développement régulier provoqués chez les œufs vierges d'Echinides par le seul traitement hypertonique.* Note [1] de M. E. **Bataillon**.

E. E. Just signalait, en 1922 [2], qu'un seul traitement par l'eau de mer hypertonique suffit au développement parfait des œufs d'*Arbacia*, avec *soulèvement de la membrane*.

On sait que Loeb avait abandonné sa méthode osmotique simple du début parce qu'elle ne produit *jamais* la membrane de fécondation, et n'aboutit qu'à des larves rampantes, incapables de nager en surface.

L'hypertonie utilisée par Just est beaucoup plus forte et obtenue avec deux chlorures monovalents (22 ou 24$^{cm^3}$ d'une solution 2,5 M NaCl ou KCl + 78 ou 76$^{cm^3}$ d'eau de mer). La membrane apparaît *dans le mélange sursalé*; et, si les œufs sont reportés à l'eau de mer ordinaire après un temps double de celui qu'a demandé le processus membranogène, le développement mène à des larves et à des plutei très actifs. Le traitement butyrique serait inutile et ne ferait que compliquer les opérations.

En 1924, L.-V. Heilbrunn [3] s'inscrit en faux contre ces résultats. La membrane de ces œufs d'*Arbacia* est *gonflée, mais non soulevée*. Elle ne se flétrit pas au contact de l'eau albumineuse. Dans ces conditions, la technique nouvelle ne diffère plus essentiellement de la méthode originelle de Loeb.

J'ai repris ces expériences au début de septembre 1925. Ne pouvant considérer la double action attribuée à l'osmose comme un cas particulier aux œufs d'*Arbacia*, j'ai usé de quatre formes différentes : *Arbacia æquituberculata*, *Sphærechinus granularis*, *Paracentrotus lividus*, *Psammechinus microtuberculatus*.

Et pour mieux dégager le processus physique, j'ai concentré couramment l'eau de mer par addition, en proportion variable, de la même eau de mer réduite à $\frac{1}{2}$ ou $\frac{2}{5}$ de son volume.

Notre *Arbacia* est certainement très voisin de la forme étudiée par Just. L'opti-

---

(1) Séance du 14 juin 1926.

(2) E.-E. Just, *Initiation of Development in the Egg of Arbacia* (*Biol. Bull.*, 43, 1922, p. 384 à 400).

(3) L.-V. Heilbrunn, *The Surface Tension Theory of Membrane Elevation* (*Biol. Bull.*, 46, 1924, p. 277 à 279).

mum de concentration auquel je me suis arrêté est cependant plus élevé (76 à 79 pour 1000, valeur exprimée en NaCl). Le 13 septembre 1925, avec 79 pour 1000, j'obtenais 75 pour 100 de membranes en moins de 15 minutes, et au retour à l'eau après 40 minutes d'immersion, au moins 60 pour 100 de larves et de plutei. Un traitement de 20 minutes est insuffisant, avec 60 minutes tout est cytolysé le lendemain. La concentration 76 pour 1000 donnait, pour 40 minutes d'exposition, $\frac{4}{5}$ de membranes et à peu près autant de larves très vigoureuses.

Ces quelques données sont tirées d'un tableau où la zone de rendement se détache avec une netteté impressionnante. Remarquons toutefois que les espaces périvitellins sont relativement réduits, que la membrane est d'une netteté variable et peut ne se soulever que légèrement et assez tard, même sur les œufs fécondés. Ce matériel ne se prêterait *pas toujours* aux vérifications par lesquelles Heilbrunn veut distinguer le gonflement du soulèvement, ni non plus, il faut le reconnaître, à la définition d'une technique nouvelle différant essentiellement de la méthode primitive de Lœb.

Mais voici des œufs (*Sphærechinus*, *Psammechinus* et même *Paracentrotus*) sur lesquels la membrane apparaît dans le milieu hypertonique adéquat, très distendue, et délimitant une sphère d'un diamètre égal au moins au triple du rayon plasmatique. J'ai provoqué le flétrissement de ces membranes par l'eau albumineuse; par ailleurs, l'œuf contracté dans le mélange sursalé se dilate au retour à l'eau ordinaire, et l'espace périvitellin se réduit sensiblement. Ajoutons que le contrôle paraît superflu quand on assiste au soulèvement, quand le cortex, largement détaché, n'adhère plus à l'œuf que par un point.

L'œuf de *Sphærechinus* est un matériel de choix pour ces expériences. Le 15 septembre, avec la concentration optima de 64,5 pour 1000 (valeur en NaCl), et une exposition de 25 minutes, je relevais plus de 90 pour 100 de membranes. Au troisième jour, la culture des *Plutei trapus*, nageant majestueusement en surface, était aussi belle que celle des témoins fécondés.

A la même époque (18 septembre) *Paracentrotus* fournissait des résultats semblables à la concentration 62 pour 1000 pour une exposition de 45 minutes. Ces titres plus faibles 64,5 et 62 rappellent ceux de Just pour *Arbacia*.

Interrompues à l'arrière-saison, ces recherches furent reprises en avril 1926 à des températures plus basses 15°-16° (au lieu de 19°-20°).

Mais pour obtenir des membranes en quantité suffisante, il fallut dépasser la concentration 80 pour 1000 avec *Paracentrotus* et *Psammechinus*, arriver même à 92 pour les œufs de *Sphærechinus*. Après un tel traitement, le rendement devenait *insigni-*

fiant : la cytolyse était presque générale au retour à l'eau de mer. Étant donnée la proportion des œufs immatures, j'ai mis en cause l'état du matériel. *La température*, à laquelle j'avais songé d'abord, dut être écartée. Au moins entre 15° et 20° elle paraît *sans action sur le processus membranogène* qui est à peine ralenti. Mais on va voir qu'*elle modifie la durée optima du traitement.* En mai, j'ai pu revenir pour les œufs de *Sphærechinus* vers les titres de l'an dernier, et obtenir 40 pour 100 de membranes à 66,8 pour 1000; et cela *aussi bien à* 15° *qu'à* 19°. Nous ne sommes pas à la pleine maturité et la fécondation ne donne guère mieux soit comme membranes, soit comme développements. Or, dans deux opérations faites simultanément avec les mêmes œufs à 16° et à 19° avec trois durées d'exposition (25, 35, 45 minutes), les larves étaient cantonnées dans les lots 25 et 35 minutes pour 19°, dans les lots 35 et 45 minutes pour 16°. Ici, l'action de la température est manifeste.

Les substances organiques non conductrices n'ont pas été employées. Mais si l'eau de mer concentrée donne les meilleurs résultats, j'ai contrôlé l'efficacité des chlorures monovalents, et même (avec un rendement bien moindre), d'un sel bivalent, $CaBr^2$).

Conclusion. — L'hypertonie suffit à provoquer sur les œufs vierges d'Echinides le processus membranogène et le développement régulier. C'est une technique générale, beaucoup plus simple que la méthode composite de Loeb, et elle donne des résultats aussi beaux.

Si le soulèvement de la membrane prêtait à controverse dans le cas d'*Arbacia* étudié par Just, il n'en est plus de même quand on s'adresse aux œufs de *Sphærechinus*, *Psammechinus* et *Paracentrotus*.

Je ne vois pas, du reste, que l'idée d'une chute de la tension superficielle à la base de l'activation (Heilbrunn) soit par là compromise, comme le pense Just.

De même si l'antagonisme posé par Loeb entre ses *deux traitements* paraît s'évanouir avec le traitement unique, les *deux temps du processus* parthénogénésique, isolés expérimentalement, restent distincts.

En 1904 [1] j'ai décrit et figuré sur l'œuf vierge de Lamproie, *en solution saline ou sucrée*, l'onde de contraction qui libère la membrane, identique à celle qui provoque l'imprégnation. Cette contraction, survenant brusquement *dans le sucre* après 24 heures d'immersion où même plus, marquait nettement, *dans les effets de l'hypertonie, une discontinuité.* La même discontinuité existe dans les expériences actuelles. Elle correspond (au seuil

(1) E. Bataillon, *Nouveaux essais de parthénogenèse expérimentale chez les Vertébrés inférieurs* (Rana fusca *et* Petromyzon Planeri) (*Arch. f. Entwik. Mech.*, 18, 1904, p. 18, et fig. 12, p. 19).

de la cytolyse) à la réaction de l'œuf qui change d'état et soulève son cortex en expulsant un « périvitellin ». L'action régulatrice de l'hypertonie, dont la durée ne peut être fixée que par tâtonnements, porte désormais sur un équilibre nouveau.

M. L. **Joubin** fait hommage à l'Académie d'un ouvrage intitulé *Encyclopédie pratique du Naturaliste. XXIV. Les Mollusques d'eau douce*, par E. Chemin, dont il a écrit la préface.

NOMINATIONS.

M. L. **Joubin** est désigné pour représenter l'Académie, avec les membres antérieurement désignés, à la session extraordinaire du *Conseil international de recherches*, qui se tiendra à Bruxelles le 29 juin 1926.

M. P. **Marchal** est désigné pour faire une lecture à la séance annuelle des cinq Académies le 25 octobre prochain.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un membre non résidant en remplacement de M. *G. Gouy*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 63,

M. Pierre Weiss	obtient.	26 suffrages
M. Charles Nicolle	»	15 »
M. Lucien Cuénot	»	12 »
M. Magnus de Sparre	»	6 »
M. Émile Mathias	»	3 »

Il y a 1 bulletin nul.

Au second tour de scrutin, le nombre de votants étant 62,

M. Pierre Weiss	obtient.	47 suffrages
M. Charles Nicolle	»	12 »
M. Magnus de Sparre	»	3 »

M. **Pierre Weiss**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de deux candidats à la Chaire de zoologie (mammifères et oiseaux) vacante au Muséum national d'histoire naturelle, M. Edouard Bourdelle est désigné pour la première ligne par 37 suffrages contre 18 à M. *Neveu-Lemaire*, 4 à M. *Lavauden* et 1 bulletin blanc; M. Neveu-Lemaire est désigné pour la seconde ligne par 32 suffrages contre 15 à M. *Lavauden*, et 1 bulletin blanc.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts comprendra :

En première ligne. . . . . M. **Edouard Bourdelle.**
En seconde ligne . . . . M. **Neveu-Lemaire.**

CORRESPONDANCE.

M. **Albert Lécaillon** informe l'Académie qu'il retire la candidature qu'il avait posée à la *Chaire de Zoologie* (*Mammifères et Oiseaux*) du *Muséum national d'histoire naturelle*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *The small Fruits of New-York*, by U. P. Hedrick assisted by G. H. Howe, O. M. Taylor, Alwin Berger, G. L. Slate, Olav Einset.

2° Compagnie de Fives-Lille. *Utilisation technique des recherches récentes sur la vapeur d'eau*. (Présenté par M. G. Kœnigs.)

3° *Théorie des champs gravifiques*, par Th. de Donder. (Présenté par M. Kœnigs.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégration des équations de Maurer par des séries de fonctions homogènes.* Note de M. A. Buhl.

M. Cartan et moi [1] avons récemment indiqué, pour les équations de Maurer, deux méthodes d'intégration généralisant celle de Schur, la méthode de M. Cartan s'appliquant d'ailleurs à des systèmes plus complexes, analogues à ceux rencontrés par l'éminent géomètre dans sa Théorie des groupes infinis.

En poursuivant ces recherches, j'ai été ramené à une autre méthode de Schur [2] où l'intégration est effectuée par séries de Taylor et j'ai reconnu que l'emploi de ces séries n'était pas obligatoire; on peut les remplacer par des séries de fonctions homogènes, ces fonctions n'admettant nécessairement que des dérivées du premier ordre.

Soit le système de Maurer

$$\frac{\partial \theta^{s\rho}}{\partial \lambda_\tau} - \frac{\partial \theta^{s\tau}}{\partial \lambda_\rho} = c^s_{kj}\, \theta^{j\tau}\, \theta^{k\rho} \tag{1}$$

avec

$$\theta^{s\tau} = \frac{1}{1!}\mathrm{U}_0^{s\tau} + \frac{1}{2!}\mathrm{U}_1^{s\tau} + \frac{1}{3!}\mathrm{U}_2^{s\tau} + \ldots, \tag{2}$$

$$\lambda^s = \lambda_\rho\, \theta^{s\rho} = \lambda_1^s + \lambda_2^s + \lambda_3^s + \ldots. \tag{3}$$

Les $\mathrm{U}_m^{s\tau}$ et les λ_m^s sont des fonctions homogènes d'ordre m; les premières sont présentement inconnues, les secondes sont *arbitraires*. Si l'on compare

$$\frac{\partial \lambda^s}{\partial \lambda_\tau} = \lambda_\rho \frac{\partial \theta^{s\rho}}{\partial \theta_\tau} + \theta^{s\tau}$$

avec (1), multipliée par λ_ρ, où ρ devient alors indice de sommation, on a

$$\sum_{i=0}^{\infty} \frac{1}{i!}\mathrm{U}_i^{s\tau} + c^s_{kj} \sum_{i=1}^{\infty} \lambda_i^k \sum_{i=0}^{\infty} \frac{1}{(i+1)!}\mathrm{U}_i^{j\tau} = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{\partial \lambda_i^s}{\partial \lambda_\tau},$$

---

[1] *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 954 et 956.

[2] F. Schur, *Zur Theorie der endlichen Transformationsgruppen* (*Mathematische Annalen*, 38, 1891, p. 263).

d'où les identifications

$$U_0^{s\tau} = \frac{\partial \lambda_1^s}{\partial \lambda_\tau},$$

$$U_1^{s\tau} + c_{kj}^s \lambda_1^k U_0^{j\tau} = \frac{\partial \lambda_2^s}{\partial \lambda_\tau},$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,$$

$$\frac{1}{m!} U_m^{s\tau} + c_{kj}^s \sum_{p=0}^{m-1} \frac{1}{(p+1)!} \lambda_{m-p}^k U_p^{j\tau} = \frac{\partial \lambda_{m+1}^s}{\partial \lambda_\tau}.$$

Dans le cas extrêmement particulier de $\lambda^s = \lambda_s$, ce raisonnement redonne les $\theta^{s\tau}$ avec lesquels, en vertu de

$$\theta^{s\tau}\theta_{s\rho} = \varepsilon_\rho^\tau,$$

Schur trouve pour les $\theta_{s\rho}$ son développement, bien connu et d'ailleurs fort ingénieux, où figurent les nombres de Bernoulli.

On sait que (1) peut être intégré avec des constantes arbitraires en nombre quelconque; ici l'assertion est évidente car il n'y a qu'à introduire de telles constantes dans les λ_i^s.

Dans la théorie du trièdre mobile, on a trois conditions d'intégrabilité relatives aux rotations, conditions dont nous rappellerons seulement la première

$$(4) \qquad \frac{\partial p}{\partial v} - \frac{\partial p_1}{\partial u} = q r_1 - r q_1.$$

Si, dans les p, p_1, q, q_1, r, r_1, on imagine une constante arbitraire ou variable auxiliaire t, il suffit de dériver (4) par rapport à t, en posant

$$\frac{\partial p}{\partial t} = \xi, \qquad \ldots, \qquad \frac{\partial r_1}{\partial t} = \zeta_1$$

pour retrouver les conditions analogues à (4) mais relatives aux translations. On a ainsi une théorie qui met les translations dans la dépendance des rotations mais qui conserve une très grande généralité de par l'indétermination avec laquelle on peut introduire des constantes arbitraires dans les développements (3).

Enfin remarquons que, pour les équations

$$(\theta^s)' = c_{ij}^s[\theta^i\theta^j] + [\theta^\rho\omega_\rho^s],$$

introduites par M. Cartan dans la Note précitée et qui se réduisent à (1) quand les formes ω_ρ^s disparaissent, la méthode d'intégration précédente

s'applique encore pourvu que les coefficients de ces ω_ρ^s admettent des développements des types (2) ou (3). On peut même retrouver ainsi que les formes inconnues θ^s peuvent dépendre des variables auxiliaires appelées y_i par M. Cartan et qui jouent un rôle essentiel dans sa méthode générale d'intégration.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations différentielles du premier ordre linéaires par rapport à la fonction et la variable.* Note [1] de M. **Armand Cahen**, transmise par M. P. Appell.

J'ai introduit [2] la notion de *fonction de contact* $\Phi(y-px, p)$ $(p=y')$ et distingué l'intégrale générale ordinaire $E(xy, C)=0$ et l'intégrale de contact $T(y-px, p, C)=0$. $E=0$ est l'enveloppe des droites $T=0$, où p est la variable; si $T=0$ est résolue par rapport à C, $\Phi(y-px, p)=C$, Φ est le *coefficient intégral* de contact. Les intégrales singulières linéaires correspondent à des valeurs d'indétermination totale du coefficient intégral. Si l'indétermination peut être levée, l'intégrale n'est pas singulière.

Soit une équation (D) linéaire en x et y dans la double forme

$$\text{(D)} \qquad xf(p)+(y-px)\varphi(p)+\psi(p)\equiv xF(p)+y\varphi(p)+\psi(p)=0.$$

Les intégrales singulières sont linéaires; mais la réciproque n'est pas vraie. $f(p)\equiv F(p)+p\varphi(p)=0$ est l'équation *déterminante* des intégrales linéaires : ce sont des intégrales particulières de l'équation de Clairaut *adjointe* $(y-px)\varphi(p)\neq\psi(p)$. Le procédé d'intégration par différentiation, indiqué par d'Alembert [3] par l'équation (D) et exprimant finalement x et y en fonction de p et de C ne peut donner les intégrales linéaires, puisque pour chacune d'elles p est constant. Voici un procédé permettant de distinguer les intégrales linéaires ordinaires des intégrales singulières [4], fondé sur la méthode d'intégration que j'ai indiquée dans ma Note précitée, et que je me propose de compléter ici.

Tout d'abord si $f(p)\equiv 0$, on a une équation de Clairaut, pas d'intégrale

(1) Séance du 14 juin 1926.

(2) *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 15. Le multiplicateur indiqué dans cette Note doit être divisé par $\Theta-p$.

(3) *Hist. de l'Académie de Berlin*, 4, 1748, édition de 1750.

(4) Cf. E. Goursat, *Analyse*, 4e édition, 1925, 2, note de la page 327.

de contact, mais une intégrale générale bien connue. Si

$$F(p)+2p\varphi(p)\equiv f(p)+p\varphi(p)\equiv 0,$$

le premier membre peut s'écrire $y-2px-\psi:\varphi$, d'où l'intégrale de contact en égalant à une constante C l'expression $p(y-px)-\int(\psi:\varphi\,dp)$.

Dans les autres cas, soit $y=x\theta(p)+\psi(p)$ l'équation résolue en y avec $\theta(p)\not\equiv p$. Il existe un multiplicateur $\mathfrak{M}$ de la forme $e^{\int\frac{dp}{\theta-p}}:(\theta-p)$, tel que

$$\int\mathfrak{M}(y-\theta x-\psi)\,dp\equiv(y-px)\,e^{\int\frac{dp}{\theta-p}}-\int\mathfrak{M}\psi\,dp=C$$

soit l'intégrale de contact. $\mathfrak{M}$ est illusoire pour l'équation de Clairaut et se réduit à une constante pour $\theta=2p$.

Inversement, supposons, pour fixer les idées, l'intégrale rationnelle en p

$$[(y-px)H(p)+K(p)]\frac{L(p)}{M(p)}=C \qquad \text{(H, K premiers entre eux).}$$

L'équation (D) correspondante a pour *déterminants* $LHM=0$. Soit p_i une racine de $L(p)=0$, d'ordre λ;

$$(y-p_i x)+H(p_i)+K(p_i)=0$$

est une intégrale *remarquable* (au sens Darboux-Painlevé) d'ordre $\lambda+1$ de $E(x, g, C)=0$ pour $C=0$. Soit p_j une racine simple de $M(p)=0$;

$$(y-p_j x)H(p_j)+K(p_j)=0,$$

rendant le coefficient intégral totalement indéterminé, est une *intégrale singulière*.

Si p_j est multiple d'ordre $\lambda+1$, $(\lambda\geqq 1)$, l'indétermination peut être levée et $(y-p_j x)H(p_j)+K(p_j)$ est une intégrale ordinaire d'ordre λ pour $C=\infty$. C'est une solution remarquable si $\lambda>1$. Enfin, si p_k est racine d'ordre λ de $H(p)=0$, pour $p=p_k$ l'intégrale linéaire

$$(y-px)LMH'+LMK'+KML'-KLM'=0$$

est une solution ordinaire, qui devient $y=\infty$ si $\lambda>1$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctionnelles linéaires.* Note de M. **Renato Caccioppoli.**

J'établis, dans les quelques lignes qui suivent, une démonstration, très simple à mon avis, de l'existence des fonctionnelles linéaires dans tout le champ des fonctions de Baire. Cette démonstration a l'avantage de fournir en même temps une définition constructive de l'intégrale généralisée de Stieltjes, et en particulier de l'intégrale de Lebesgue.

Soit $A\{[f]\}$ une fonctionnelle linéaire, définie dans le champ des fonctions de classe $< \alpha$. Nous entendons par là :

a. Qu'elle est distributive, c'est-à-dire que l'on a

$$A\{[c_1 f_1 + c_2 f_2]\} = c_1 A\{[f_1]\} + c_2 A\{[f_2]\},$$

c_1 et c_2 étant deux constantes quelconques;

b. Qu'elle est bornée, c'est-à-dire qu'on peut assigner un nombre positif K tel que l'on ait toujours

$$|A\{[f]\}| \leqq K \max |f|;$$

c. Que la limite supérieure de sa valeur absolue, dans le champ des fonctions f dont la valeur est zéro hors des points d'un ensemble E, et pour lesquelles $\max |f| \leqq 1$ est une fonction additive d'ensemble, que nous désignerons par H(E).

Nous démontrerons que cette fonctionnelle est aussi continue, dans le sens le plus général de ce mot, c'est-à-dire que le passage à la limite sous le signe A, dans le champ fonctionnel envisagé, est permis sans restriction, ou bien, ce qui revient au même, que l'on a toujours

$$\lim_{n \to \infty} A\{[\varphi_n]\} = 0,$$

lorsque la suite des fonctions φ_n, de classe $< \alpha$ et bornées dans leur ensemble, tend vers zéro, que la convergence soit uniforme ou non.

Donnons-nous en effet un nombre positif ε, et bornons la fonction φ_n à $-\varepsilon$ et ε. Posons ensuite

$$\varphi_n = [\varphi_n]_{-\varepsilon}^{\varepsilon} + \psi_n.$$

On a $\psi_n = 0$ hors de l'ensemble E_n des points où $|\varphi_n| > \varepsilon$. Les fonctions ψ_n sont bornées dans leur ensemble; soit M une borne supérieure de leur

valeur absolue. On a alors

$$\left| A \left| [\varphi_n] \right| \right| \leqq K \varepsilon + MH(E_n).$$

Or on aperçoit bien aisément que

$$\lim_{n \to \infty} H(E_n) = 0,$$

car, s'il n'en était pas ainsi, il y aurait des points communs à une infinité d'ensembles E_n (¹), ce qui est impossible puisque alors, en ces points, on n'aurait pas $\lim_{n \to \infty} \varphi_n = 0$.

Il s'ensuit, ε étant un nombre positif quelconque :

$$\lim_{n \to \infty} A \left| [\varphi_n] \right| = 0.$$

Du théorème démontré on tire immédiatement cette conséquence :

Si une suite de fonctions de classe $< \alpha$, bornées dans leur ensemble,

$$f_1, \quad f_2, \quad f_3, \quad \ldots$$

converge vers une fonction de classe α, la limite de $A \left| [f_n] \right|$ est bien déterminée et finie.

En effet, d'après le théorème précédent, la condition de convergence de Cauchy est remplie.

La fonctionnelle $A|[f]|$ s'étend donc d'elle-même à toutes les fonctions de classe α; et l'on voit immédiatement qu'elle conserve dans le nouveau champ fonctionnel les propriétés par lesquelles nous l'avons définie.

Or les fonctionnelles linéaires, telles qu'on les définit habituellement dans le champ des fonctions continues, jouissent évidemment de ces propriétés.

On peut donc démontrer par récurrence que toute fonctionnelle linéaire, définie pour les fonctions continues, s'étend au champ de toutes les fonctions représentables analytiquement.

Il en découle, puisque toute fonctionnelle linéaire est une intégrale de Stieltjes, une définition constructive de l'intégrale généralisée de Stieltjes; et en particulier de l'intégrale de Lebesgue, si la fonctionnelle envisagée est l'intégrale de Riemann.

(¹) C'est là une généralisation très simple du lemme bien connu d'Arzelà.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur les espaces abstraits.* Note de M. A. Tychonoff, présentée par M. Émile Borel.

1. Nous entendons par *espace* (¹) un ensemble E d'éléments quelconques, où certains sous-ensembles dits *ensembles fermés* (dans E) se trouvent définis d'une façon quelconque satisfaisant aux conditions suivantes :

1° La somme de deux ensembles fermés et la partie commune à un système quelconque d'ensembles fermés est encore un ensemble fermé;

2° Un ensemble ne contenant qu'un seul point, de même que l'espace entier, est fermé.

Les ensembles complémentaires aux ensembles fermés s'appellent *ouverts*. Un ensemble ouvert quelconque contenant un point ou un ensemble donné X s'appelle *voisinage* (²) de X.

Un espace est dit *normal* s'il existe pour tout couple d'ensembles fermés sans points communs deux voisinages disjoints.

Une catégorie particulièrement importante d'espaces est celle des espaces bicompacts, qui sont complètement caractérisés, par exemple par leur propriété suivante :

Théorème de Borel-Lebesgue. — *Quel que soit le système d'ensembles ouverts recouvrant l'espace donné, on en peut extraire un sous-ensemble fini, jouissant de la même propriété.*

2. Revenons aux espaces quelconques. Un système S d'ensembles ouverts s'appelle *base* (³) de l'espace E si tout ensemble ouvert G peut être formé par réunion de certains ensembles du système S (par exemple, le système de tous les intervalles aux extrémités rationnelles forme une base du continu arithmétique).

(¹) Nous ne considérons dans cette Note que les espaces accessibles de M. Fréchet. Cf. pour les questions de terminologie A. Tychonoff et Vedenissoff, *Sur le développement moderne de la théorie des espaces abstraits* (*Bull. Sc. math.*, 2ᵉ série, 50, 1926, p. 15), où l'on trouvera des renseignements bibliographiques concernant surtout les travaux de MM. Fréchet, Hausdorff, Urysohn et Alexandroff.

(²) L'importance des voisinages tient à ce qu'on peut s'en servir pour définir, de la façon habituelle, les points d'accumulation. Or *la classe des ensembles contenant leurs points d'accumulation, coïncide alors avec la classe des ensembles fermés définie* a priori.

(³) On obtient les mêmes points d'accumulation en ne considérant, comme voisinages, que les domaines appartenant à une base donnée, d'ailleurs quelconque.

3. Cela posé, on peut exprimer comme il suit le résultat principal de la Note présente :

Théorème. — *Quel que soit le nombre cardinal m, il existe un espace normal et bicompact* R_m *satisfaisant aux conditions suivantes :*

1° *L'espace* R_m *possède une base de puissance* $\leqq m$;

2° *Tout espace normal* E *possédant une base de puissance* $\leqq m$ *est homéomorphe à un sous-ensemble de l'espace* R_m.

4. La construction de l'espace R_m est très simple. Considérons un ensemble de puissance m d'exemplaires $\mathfrak{s}_\alpha$ du segment linéaire $0 \leqq t \leqq 1$. Un point x de l'espace R_m est alors par définition un ensemble (de puissance m) de « coordonnées » t_α, $0 \leqq t_\alpha \leqq 1$, tout t_α appartenant au $\mathfrak{s}_\alpha$ correspondant, et tout I_α étant représenté de la sorte. Nous exprimons cette définition en écrivant simplement : $x = \{ t_\alpha \}$.

Les voisinages dans R_m sont définis de la façon suivante. Soit $x_0 = \{ t_\alpha^0 \}$ un point arbitraire de R_m. Considérons un nombre fini k quelconque de segments $\mathfrak{s}_\alpha$, à savoir $\mathfrak{s}_{\alpha_1}, \mathfrak{s}_{\alpha_2}, \ldots, \mathfrak{s}_{\alpha_k}$, et choisissons pour tout α_i, $1 \leqq i \leqq k$, deux nombres rationnels τ'_i et τ''_i tels que $\tau'_i < t^0_{\alpha_i} < \tau''_i$; considérons l'ensemble de tous les $x = \{ t_\alpha \}$ tels que les coordonnées $t_{\alpha_1}, t_{\alpha_2}, \ldots, t_{\alpha_k}$ vérifient les inégalités $\tau'_i < {}_{\alpha_i} < \tau''_i$. L'ensemble de tous les points x ainsi obtenus constitue un voisinage arbitraire de x_0.

5. La démonstration de ce que R_m possède une base de puissance m est facile. On démontre ensuite que R_m est un espace bicompact de Hausdorff, donc un espace normal.

Quant à la démonstration de la propriété fondamentale 2 de l'espace R_m, elle se fait sans difficulté par application systématique d'un procédé de construction dû à Urysohn [1] (construction, dans un espace normal, d'une fonction continue non constante).

Dans le cas où m est la puissance des ensembles dénombrables, l'espace R_m est immédiatement homéomorphe au sous-ensemble de l'espace de Hilbert défini par les conditions $0 \leqq x_n \leqq \frac{1}{n}$, où x_n désigne la $n^{\text{ième}}$ coordonnée d'un point dans l'espace de Hilbert. *Notre proposition contient donc comme cas particuliers les théorèmes d'Urysohn sur la métrisation des espaces normaux et des espaces compacts, de même que celui sur l'identité topologique entre les espaces métriques séparables et les sous-ensembles de l'espace de Hilbert* [2].

---

(1) *Zum Metrisationsproblem* (*Math. Ann.*, 94, 1925, p. 309-315). Voir aussi l'article cité de MM. Tychonoff et Vedenissoff.

(2) P. Urysohn, *Les classes D séparables et l'espace Hilbertien* (*Comptes rendus*, 178, 1924, p. 65).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur un exemple arithmétique d'une fonction ne faisant pas partie de la classification de M. René Baire.* Note de M. **N. Lusin**, présentée par M. Émile Borel.

1. On sait que M. R. Baire a donné un exemple purement arithmétique d'une fonction de classe 3 de sa classification.

Voici cet exemple :

Prenons l'intervalle fondamental (0, 1) et considérons un nombre irrationnel quelconque x réduit en fraction continue

$$x = \cfrac{1}{\alpha_1 + \cfrac{1}{\alpha_2 + \cdots + \cfrac{1}{\alpha_n + \cdots}}} = (\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_n, \ldots),$$

$\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_n \ldots$, étant des entiers positifs. A tout nombre irrationnel x correspond une suite bien déterminée d'entiers positifs $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \ldots, \alpha_n, \ldots$ et, réciproquement, une telle suite détermine d'une manière unique le nombre irrationnel x.

Cela posé, *il nous suffira*, suivant M. R. Baire, *de poser* $f(x) = 1$, *si les entiers positifs* $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \ldots, \alpha_n, \ldots$ *tendent vers l'infini, et de poser* $f(x) = 0$ *dans le cas contraire.*

La fonction $f(x)$ ainsi définie est exactement une fonction de classe 3, d'après les recherches de M. R. Baire (voir *Acta Mathematica*, t. 30).

2. Pour nommer d'une manière arithmétique une fonction analogue $f(x)$ ne faisant pas partie de la classification de M. R. Baire, nous posons la définition suivante :

Nous dirons qu'une suite $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \ldots, \alpha_n, \ldots$ *d'entiers positifs, est* composée *s'il y a, parmi ses termes, une infinité de nombres* α *divisibles les uns par les autres* $\alpha_{n_1} \vdots \alpha_{n_2} \vdots \alpha_{n_3} \vdots \ldots$; *au cas contraire nous dirons que la suite donnée* $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \ldots, \alpha_n, \ldots$ *est* simple.

La fonction $f(x)$ ainsi définie ne fait pas partie de la classification de M. R. Baire.

3. Pour le voir *nous appellerons* crible *toute collection dénombrable* C *de segments fermés* σ *parallèles à l'axe* OX *et situés à l'intérieur d'un carré fondamental* K *dont les côtés ont pour équations*

$$x = 0, \quad x = 1; \quad y = 0, \quad y = 1.$$

Nous désignons par $\mathcal{E}$ la *totalité* des points x de l'intervalle $(0 < x < 1)$ tels que la perpendiculaire P_x élevée en x à l'axe OX coupe le crible C en un ensemble R_x de points *bien ordonné* à l'aide de cette convention que le rang des points soit conforme à la direction positive de l'axe OY.

L'*ensemble* des points de l'intervalle $(0 < x < 1)$ qui n'appartiennent pas à la totalité $\mathcal{E}$ nous le désignerons par E. *C'est cet ensemble* E (et non pas la totalité $\mathcal{E}$) *que nous appellerons ensemble criblé au moyen du crible* C.

Nous allons établir une distinction importante entre les divers cribles.

On dit que C *est un crible*, borné, *si l'on sait nommer un ensemble énumérable bien ordonné* W *plus étendu que l'ensemble* R_x *quel que soit* x *qui soit n'appartenant pas à l'ensemble* E *criblé au moyen de* C.

Nous dirons qu'un crible C *est* de type lebesguien *si, quel que soit une partie* Y_1 *de l'ensemble dénombrable* Y *formé des ordonnées de tous les segments* σ *constituant le crible* C, *il existe un point* x *dont l'ensemble correspondant* R_x *coïncide avec* Y_1.

Pour qu'un crible C soit borné, il faut et il suffit que E soit un ensemble *effectivement* mesurable B. Aucun des ensembles criblés au moyen d'un crible de type lebesguien ne peut pas faire partie de la famille des ensembles mesurables B.

4. *L'ensemble* E *des points pour lesquels on a* $f(x) = 1$ *est un ensemble criblé au moyen d'un type lebesguien*. Pour le voir, il suffit de faire correspondre à chaque intervalle $I(\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_n)$ de M. R. Baire un segment $\sigma(\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_n)$ déterminé de la manière suivante :

1° La projection de σ sur l'axe OX coïncide avec I;

2° L'ordonnée de $\sigma(\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_n)$ est un nombre rationnel de la forme

$$\frac{\theta_1}{2} + \frac{\theta_2}{2^2} + \ldots + \frac{\theta_{n-1}}{2^{n-1}} + \frac{\theta_n}{2^n},$$

défini par cette condition que $\theta_n = 1$, et pour $i < n$ on a $\theta_i = 0$ si α_i est un diviseur de α_n, et $\theta_i = 1$ dans le cas contraire.

L'ensemble de ces segments σ forme un crible C de type lebesguien qui définit un ensemble criblé $f(x) = 1$.

Ainsi, *parmi les lois de l'Arithmétique*, il y en a de telles qu'elles nous amènent aux ensembles ne faisant pas partie de la famille des ensembles mesurables B.

HYDRODYNAMIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Sur l'inexactitude, pour les liquides réels, des lois théoriques de Kármán relatives à la stabilité des tourbillons alternés.* Note de M. **Henri Bénard**, présentée par M. Brillouin.

Dans leur remarquable Mémoire que j'ai déjà cité ([1]), von Kármán et Rubach ont établi les conditions théoriques de stabilité d'une *rue de tourbillons*, c'est-à-dire de deux files parallèles et indéfinies de tourbillons rectilignes, de même intensité, équidistants, de sens de rotation inverses, les tourbillons de l'une des files étant décalés d'un demi-intervalle par rapport à ceux de l'autre. Ils trouvent, h désignant la largeur de la rue, que la seule valeur stable du rapport $\frac{h}{e}$ est 0,283 et que, sauf pour les deux ou trois premières paires de tourbillons pour lesquelles il est plus grand (0,36 pour la première paire), ce rapport atteint sa valeur limite très vite.

Cette loi de stabilité admise, ils montrent que les rapports

$$a = \frac{v}{V} \quad \text{et} \quad b = \frac{e}{D}$$

sont invariables, quel que soit V, pour des obstacles géométriquement semblables. Enfin, ils en déduisent la résistance à l'avancement en fonction des deux *constantes* mesurables a et b.

Mais ces conclusions n'ont été établies que pour un *fluide parfait* indéfini, comme si la viscosité, partout négligeable, sauf au voisinage immédiat du corps solide, ne jouait plus aucun rôle, une fois les tourbillons détachés un à un de l'obstacle ([2]); par exemple, il n'est pas tenu compte de l'amortissement progressif des tourbillons réels à mesure qu'ils vieillissent.

Il est donc peu probable, *a priori*, que ces relations soient encore vraies pour les fluides réels. Il semble d'ailleurs qu'elles n'ont jamais été l'objet de vérifications expérimentales sérieuses ([3]). Grâce à la grande précision de

---

([1]) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1375.

([2]) Ou plutôt de la *couche de tourbillons* qui revêt la *surface de discontinuité des vitesses* : voir Prandtl, *Cong. intern. de Math. à Heidelberg*, 1904; et M. Brillouin, *Ann. de Ch. et de Ph.*, 23, 1911, p. 148.

([3]) Elles ont été admises par F. Krüger et ses collaborateurs, dans leurs nombreux travaux, parus aux *Annalen der Physik* depuis 1914, sur les diverses applications des tourbillons alternés à l'acoustique : sons éoliens et sons d'un bâton qui fend l'air, sons des sifflets à fente rectiligne, circulaire, etc. En France, Z. Carrière (*J. de Phys.*, 6, 1925, p. 52) a étudié à un autre point de vue les tourbillons alternés à l'embouchure d'un tuyau d'orgue. Il faut également citer les importants travaux récents de E.-F. Relf et de E.-G. Richardson concernant les sons éoliens.

ma méthode optique pour repérer chaque centre de tourbillon, mes films constituent d'excellents documents pour contrôler l'exactitude de ces lois dans les liquides réels.

1° *Valeurs réelles du rapport* $\frac{e}{h}$. — Déjà les vingt-sept meilleurs clichés fixes donnent 0,44 comme moyenne (extrêmes 0,23 et 0,59). Les films montrent d'abord que ce rapport n'atteint pas sa valeur limite aussi vite que dans la théorie; de plus, le sens des écarts, pour les tourbillons les plus jeunes, écarts d'ailleurs considérables, est en général contraire à celui que prévoit Kármán. Le rapport croît, par exemple, pour quatre films pris parmi beaucoup d'autres : de 0,09 à 0,21; de 0,15 à 0,26; de 0,17 à 0,41; de 0,38 à 0,49.

Pour quelques-uns, rares, le sens de l'écart initial est celui de Kármán, mais alors les variations relatives sont plus faibles. Pour quelques autres, également peu nombreux, la valeur limite est atteinte immédiatement.

Ces valeurs limites varient également beaucoup : moyenne 0,32 (extrêmes 0,13 et 0,49). Elles ne m'ont pas paru liées d'une façon nette aux valeurs de D, L, V et ν, comme si h variait, d'une course à l'autre, sous l'action de causes accidentelles mal définies (Kármán et Rubach avaient remarqué que les fluctuations de h, pour une même course, sont relativement plus grandes que celles de e). Par exemple, on a obtenu de faibles valeurs limites aussi bien pour le liquide le moins visqueux que pour le plus visqueux. Il y a toutefois une indication sur le sens de l'influence de D : les lames les plus étroites ont donné en général des valeurs élevées, et *vice versa*.

2° *Valeurs réelles de a*. — Mes obstacles n'avaient pas été fabriqués par séries, géométriquement semblables; mais souvent, *un même* obstacle a servi pour de nombreuses courses, V et ν variant. *Exemples des variations de a* :

	Nombre de films.	Dimensions de l'obstacle (en cm).	Liquide.	Valeurs extrêmes de a.
I..........	14	$L=2$; $D=0,208$	Eau	0,030 et 0,106
II..........	7	» »	Sol. sucre ($c=20$)	0,056 » 0,092
III..........	6	$L=2$; $D=0,399$	Eau	0,086 » 0,131
IV..........	4	» »	Sol. sucre ($c=20$)	0,101 » 0,205

3° *Valeurs réelles de b*. — En désignant VT par e_0, on a :

$$e=(V-\nu)T=e_0(1-a).$$

Dès 1908, j'avais annoncé que e, pour un obstacle donné, ne dépend pas sensiblement de V, ce qui entraînerait, a étant petit par rapport à l'unité, que e_0 ne dépend pas non plus de V : c'est ce que Kármán a retrouvé plus

tard. Mais je n'avais donné ce résultat de mes expériences que comme une première approximation : la formule que je trouve pour N (*loc. cit.*) montre que, pour un obstacle donné, *e* et par suite *b* dépendent de V.

Par exemple, dans les quatre séries déjà citées, quand V croît dans les limites de mes expériences, *b* décroît respectivement de 6,77 à 5,81 ; de 7,25 à 6,43 ; de 4,68 à 3,88 ; de 4,93 à 4,33.

Enfin j'avais indiqué que, quand l'épaisseur D varie, *e* varie dans le même sens, mais moins vite que D : donc *b* doit décroître nettement, quand D croît, ce que les mesures définitives ont confirmé :

Pour D =	0,1 cm,	*b* a varié de	9,3 à 15,4
»	0,2,	»	5,3 à 10,2
»	0,4,	»	3,8 à 6,4
»	0,8,	»	3,2 à 5,4

En résumé, les lois de Kármán sont très loin de s'appliquer aux tourbillons des liquides réels.

AVIATION. — *L'approvisionnement des avions en oxygène.* Note (1) de M. Garsaux, présentée par M. Charles Richet.

Les aviateurs devant voler aux altitudes élevées utilisent un masque respiratoire (type Garsaux). Ce masque est alimenté en oxygène par des bouteilles d'acier dans lesquelles le gaz est comprimé à 150^{atm} et la distribution automatiquement réglée en quantité proportionnelle à l'altitude. Ce procédé d'alimentation en oxygène a donné d'excellents résultats jusqu'ici, puisqu'il nous a permis, au caisson pneumatique du Bourget, de faire travailler des hommes sans qu'ils éprouvassent aucun malaise jusqu'à une dépression correspondant à l'altitude de 13300^{m}. Mais l'emploi des bouteilles d'oxygène comprimé nécessite un poids relativement considérable.

Nous nous sommes donc attaché à réaliser un appareil qui permette d'emporter des quantités de gaz plus grandes sous un volume et surtout un poids moindres. Nous avons, à cet effet, employé l'oxygène liquide. Ce gaz, à l'état liquide, est contenu dans une bouteille, genre bouteille Thermos, mais où le verre est remplacé par du métal. La bouteille comporte deux parois entre lesquelles on fait le vide de manière à la rendre le plus possible étanche à la chaleur. Pour maintenir un vide constant et suffisant, cette bouteille est émaillée.

---

(1) Séance du 14 juin 1926.

Nous avons pu dans de telles bouteilles conserver de l'oxygène liquide pendant 6 jours. La bouteille est fermée par un bouchon en amiante percé de deux trous, l'un pour le dégagement du gaz vers le masque; l'autre pour le passage d'un courant électrique. En effet, pour obtenir un dégagement régulier d'oxygène, il faut le chauffer afin de compenser le froid qui est la conséquence du dégagement gazeux. Le réchauffement est obtenu à l'aide d'une lampe en quartz qui plonge dans l'oxygène liquide.

Le seul inconvénient de cet appareil serait la mobilité du liquide dans la bouteille, mobilité qui pourrait amener de brusques dégagements gazeux intempestifs. Pour y remédier, on met dans la bouteille, suivant une méthode utilisée en 1910 par M. Georges Claude pour un appareil de sauvetage dans les mines, de l'amiante, de telle sorte que la bouteille peut être inclinée sans inconvénient, le liquide étant ainsi immobilisé.

Un rhéostat règle l'intensité du courant; et ce rhéostat est commandé par un curseur qu'actionne une capsule barométrique, de sorte qu'il peut y avoir finalement un dégagement de chaleur inversement proportionnel à l'altitude.

Si l'on représente par 10 le poids mort des appareils à oxygène comprimé, pour une même quantité d'oxygène liquide, le poids mort sera représenté par 1.

MOTEURS A EXPLOSION. — *Sur l'effet retardateur d'inflammation produit par les corps dits antidétonants.* Note [1] de M. **Dumanois**, présentée par M. G. Kœnigs.

Nous avons émis l'hypothèse que les antidétonants intervenaient pour détruire l'onde explosive en agissant pour augmenter le temps nécessaire à obtenir l'allumage spontané, pour une température donnée, supérieure à la température minimum à laquelle l'allumage spontané est possible.

On pourrait expliquer aussi bien leur rôle en supposant qu'ils agissent en augmentant la température nécessaire à l'allumage spontané.

Si nous avons adopté la première hypothèse, c'est qu'elle nous paraît plus logique : étant donnée la proportion infime d'antidétonant nécessaire pour éteindre l'onde explosive (de l'ordre de $\frac{1}{1000}$ en volume) il paraît plus rationnel d'admettre que l'antidétonant intervient pour modifier d'une

[1] Séance du 7 juin 1926.

façon infiniment petite, inférieure au $\frac{1}{200}$ de seconde, le temps nécessaire à l'allumage, plutôt que d'agir, en relevant d'une quantité finie la valeur de la température minimum nécessaire à l'allumage spontané. Les expériences de M. André Pignot ([1]) semblent confirmer d'ailleurs notre manière de voir en montrant que l'action des antidétonants n'a qu'une influence négligeable sur la valeur des températures d'inflammation.

Quelle que soit d'ailleurs l'hypothèse faite, elle nous conduit à attribuer aux antidétonants un véritable rôle de retardateur d'inflammation; il est donc intéressant de pouvoir vérifier ce résultat par l'expérience.

Or nous avons indiqué ([2]), qu'en agissant par des procédés physiques, il était possible de faire disparaître, sans antidétonant, l'onde explosive pour une compression de 6,7, mais qu'on observait pour cette même valeur de la compression, lorsque le moteur tourne à faible vitesse et plein couple, des phénomènes d'allumage prématuré produits par des points chauds.

Nous avions eu d'ailleurs l'occasion, au cours de nos expériences antérieures, de constater avec ce moteur l'apparition de ce phénomène dès la compression 6.

Si les antidétonants jouent le rôle de retardateurs d'allumage, leur adjonction au combustible doit intervenir pour faire disparaître dans une certaine limite l'allumage prématuré.

Autrement dit, l'allumage prématuré sans antidétonant se produirait avec un décalage de temps t_1 en avance sur l'allumage normal, mais l'antidétonant retarde cet allumage prématuré du temps t_2. Si t_2 est supérieur à t_1 l'antidétonant fait disparaître l'allumage prématuré.

L'expérience faite avec $\frac{1}{1000}$ de plomb tétra-éthyl a entièrement confirmé cette hypothèse.

Toutes choses égales, l'allumage prématuré par point chaud est diminué de façon perceptible pour la compression 6,7. Il semble donc que le nom « antidétonants » attribué jusqu'ici aux corps utilisés pour éteindre l'onde explosive est impropre et résulte d'nne confusion entre l'effet et la cause, et qu'il paraît plus logique de les appeler retardateurs d'allumage.

Il résulte des considérations ci-dessus que, une fois l'onde explosive éteinte, pour reculer la limite pratique de compression, dont la limite idéale est celle produisant l'allumage par compression adiabatique, on peut, à défaut des procédés mécaniques consistant à améliorer le refroidisse-

([1]) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 376.
([2]) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1378.

ment des points chauds, qui seuls donneront la solution rationnelle du problème, atténuer légèrement les effets de l'allumage prématuré en mélangeant au combustible un corps retardateur d'allumage.

ÉLECTRICITÉ. — *Emploi de l'électromètre à quadrants dans les mesures de précision en haute fréquence.* Note de M. L. **Cagniard**, présentée par M. A. Cotton.

La mesure précise des petites variations de capacité, difficilement accessible à l'ancienne technique, paraît maintenant aisée grâce à la lampe à trois électrodes. Soit par une mesure de battements, soit par une méthode de zéro et l'emploi d'une amplification théoriquement illimitée, il est facile de calculer et de réaliser des montages permettant d'*apprécier* une variation relative de capacité de l'ordre de 10^{-6} et même moins encore. De nombreux expérimentateurs ont cherché dans cette voie. Mais il faut constater que leurs mesures de la susceptibilité diélectrique de l'air, par exemple, données avec la précision du $\frac{1}{100}$ ou du $\frac{1}{1000}$, diffèrent entre elles de plus de 20 pour 100. Les anciennes mesures, avant l'emploi de la lampe, différaient beaucoup moins.

De tels écarts ne peuvent s'expliquer par la diversité des longueurs d'onde utilisées ni par de grossières erreurs systématiques. Je pense qu'ils proviennent de l'imperfection même de l'appareil de mesure, de l'instabilité et du manque de fidélité de la lampe à trois électrodes.

Dans cet ordre d'idées, j'ai étudié le remplacement des lampes amplificatrices par un simple électromètre à quadrants et j'ai pu obtenir une sensibilité considérable, grâce à une particularité assez curieuse d'un montage que je vais décrire.

Considérons un circuit ouvert de résonance habituel, formé d'une grande self-induction L et d'une petite capacité C en série. L'électromètre (montage idiostatique) est en dérivation sur la self-induction.

On bénéficiera déjà d'une forte amplification *statique*, due à la surtension aux bornes de la self. Mais, de plus, l'électromètre a une capacité variable avec la position de l'aiguille et, si les éléments du circuit sont judicieusement choisis, ces variations de capacité entraînent une variation appréciable de l'accord du circuit de résonance. Réglons la capacité C de façon que l'on s'approche de la résonance (très aiguë) lorsque l'aiguille dévie à partir du zéro et augmentons progressivement, depuis une valeur nulle, la différence

de potentiel v de haute fréquence appliquée au circuit : l'augmentation de la surtension, produite par la déviation de l'aiguille, fait que cette déviation augmente beaucoup plus vite que la différence de potentiel v, et l'équilibre de l'aiguille peut même devenir instable.

On observe alors, pour une augmentation infiniment petite de v à partir d'une valeur v_1 un déplacement fini du spot. Si l'on ramène v à une valeur inférieure à v_1, le spot ne reprend pas les mêmes positions que précédemment. Ce n'est que pour une valeur v_2 que l'on revient, par une nouvelle discontinuité, sur la courbe initiale des déviations en fonction de v. Le calcul des conditions d'équilibre de l'électromètre permet de rendre compte complètement des phénomènes observés : il indique, pour les valeurs de la différence de potentiel comprises entre v_1 et v_2 l'existence de deux positions d'équilibre stables, et, entre les deux, d'une position d'équilibre instable. Ce montage rappelle, dans une grande mesure, le fonctionnement de l'électroscope de Wilson.

Les potentiels de discontinuité v_1 et v_2 ne peuvent s'observer que pour un amortissement faible du circuit : on les obtient facilement, et avec une grande netteté, grâce à une triode fonctionnant en résistance négative. Ils se rapprochent, en même temps que les deux bonds discontinus du spot diminuent d'importance, lorsque l'amortissement augmente. Ils disparaissent, dans le montage que j'ai réalisé, lorsqu'on supprime la lampe auxiliaire, mais on se trouve encore assez près des conditions où ils se produisent pour qu'il reste une exaltation notable de la sensibilité de l'électromètre, bien suffisante pour mes mesures en cours.

Pour la mesure des variations de capacité, le circuit de mesure L, C forme la diagonale d'un pont de Wheatstone constitué par quatre condensateurs. Sur l'autre diagonale est appliquée une force électromotrice à haute fréquence (quelques centaines de volts, longueur d'onde 6000^{m}) produite par un oscillateur à lampes, de faible puissance ; les petites fluctuations éventuelles de sa valeur efficace sont, sur cette branche, sans importance. Le condensateur dont j'étudie les variations de capacité forme, avec un condensateur cylindrique de faible capacité, monté en parallèle, l'une des branches du pont. J'évalue les variations de capacité à mesurer en les compensant par les variations calculables du condensateur cylindrique, de façon à ramener le spot à sa position initiale.

Avec le montage sans résistance négative, c'est-à-dire avec un dispositif ne comportant aucune lampe dans les circuits de mesure, et n'utilisant comme amplificateur qu'un électromètre à quadrants du type Moulin, le spot est par-

faitement stable à 1^{mm} près et une variation du spot de 1^{mm} correspond à une variation relative de capacité de l'ordre de 4.10^{-6}.

Dans mes mesures actuelles de la variation des constantes diélectriques de quelques liquides avec la pression, ce déplacement correspond, dans le cas du benzène, à une variation de pression de l'ordre de 3^{cm} de mercure.

MAGNÉTISME. — *Structure de l'aimant atomique: Déformation du multiplet par le champ. Le triplet dans le fer.* Note de M. R. **Forrer**, présentée par M. Jean Perrin.

J'ai montré (1) par l'étude d'un nickel ayant subi un traitement mécanique spécial que l'aimant élémentaire du nickel est un doublet à angle droit. La variation irréversible de l'aimantation de ce nickel est due au renversement d'un seul des moments du doublet, renversement de la première espèce. Je montrerai plus tard qu'il y en a une deuxième. Si l'on attribue le moment constitutif d'un doublet à une orbite, le renversement de ce moment sera donné par le changement du sens de parcours de l'électron considéré. On peut imaginer que le mécanisme de ce changement de sens est le suivant : l'électron d'une orbite s'échappe et devient un électron libre. Un autre électron libre va prendre sa place et choisit de préférence le sens de parcours favorisé par le champ.

Puisque l'aimantation rémanente dans le nickel traité est due seulement au moment parallèle au champ, le rapport entre l'aimantation à saturation et l'aimantation rémanente, qui est 2 : 1, doit être indépendant de la température. Ou, en d'autres termes, l'aimantation rémanente doit dépendre de la température suivant la même loi que l'aimantation à saturation. Et, en effet, l'expérience a donné, entre la température ordinaire et le point de Curie, une aimantation rémanente égale à la moitié de l'aimantation à saturation, connue par des expériences antérieures (2).

Dans un champ nul, les deux moments du doublet du nickel sont à angle droit. J'ai admis qu'un champ croissant les rapproche progressivement et tend à les faire coïncider avec sa propre direction.

Puisque l'augmentation de l'aimantation réversible du nickel traité a été trouvée à peu près égale à 1 pour 1000 de l'aimantation rémanente par

---

(1) *Comptes rendus*, **181**, 1926, p. 1272.

(2) P. Weiss et R. Forrer, *Annales de Physique*, 5, 1926, p. 153.

gauss, on doit s'attendre à ce que l'approche à la saturation se fasse dans des champs supérieurs à 1000 gauss.

Pour un grand nombre de corps ferromagnétiques, l'approche vers la saturation a été mesurée par M. P. Weiss qui a exprimé ses résultats par la loi $\sigma = \sigma_0\left(1 - \frac{a}{H}\right)$, valable au-dessus de 1000 gauss. Cette loi est valable notamment pour le nickel. Or, dans la même région des champs se produit le rapprochement des deux éléments du doublet. Il est naturel de trouver dans ce rapprochement le mécanisme de la loi d'approche.

Inversement, on doit supposer que dans les autres substances obéissant à cette loi d'approche, l'aimant élémentaire est un multiplet susceptible de se fermer dans les champs intenses.

Les recherches de M. Maurain sur les dépôts électrolytiques du fer dans un champ magnétique, permettent de trouver quelle espèce de multiplet magnétique existe dans l'atome de fer. Si l'on admet que l'atome au moment où il se dépose possède le même multiplet que celui qui existe dans la couche toute formée et que la résultante du multiplet est dirigée dans le sens du champ magnétique, on peut calculer, pour chaque espèce de multiplet, l'aimantation rémanente à partir de l'aimantation à saturation ($I = 1705$, M. P. Weiss). On trouve ainsi pour un doublet rectangulaire $I_R = \frac{1706}{2} \cdot \sqrt{2} = 1205$ et pour un triplet trirectangle $I_R = \frac{1706}{3} \cdot \sqrt{3} = 986$.

L'aimantation rémanente du fer électrolytique déposé dans un champ magnétique a été mesurée par Maurain, Kaufmann et Meyer, et enfin par Schild [1]. Pour des champs croissants, elle tend vers une limite supérieure. La plus grande valeur mesurée de l'aimantation rémanente pour $H = 30^g$ est $I = 982$. Cette valeur expérimentale est très voisine de celle calculée pour un triplet (986). La différence est plus petite que les erreurs d'expérience.

L'aimant atomique du fer est donc très probablement un triplet trirectangle.

On comprend maintenant facilement le cycle presque rectangulaire du fer électrolytique déposé dans un champ magnétique. La résultante du triplet est orientée dans le sens du champ. Les trois moments font le même angle avec le champ, ils sont renversés par une valeur unique du champ. La faible variation réversible est due au rapprochement commençant des composantes. L'interprétation que j'ai donnée suppose essentiellement que

---

(1) SCHILD, *Ann. de Phys.*, 25, 1908, p. 612.

les trois composantes du triplet interviennent par leur résultante au moment du dépôt, c'est-à-dire qu'elles sont contenues dans le même atome.

La variation de l'aimantation dans les champs forts a toujours été trouvée réversible. *Le rapprochement des composantes du multiplet magnétique est donc un phénomène intra-atomique réversible.*

OPTIQUE. — *Interférences par diffusion.* Note de M. F. **Wolfers**, présentée par M. A. Cotton.

J'ai poursuivi l'étude des franges supplémentaires qui sont attribuables, comme je l'ai montré précédemment [1], à des interférences par diffusion.

1. Comme auparavant, nous prenons pour variable la distance x entre le bord O de l'ombre géométrique et le deuxième minimum m, ce deuxième minimum étant le seul point de repère qu'on puisse pointer au comparateur avec quelque précision. Les mesures antérieures n'avaient été faites que pour deux radiations seulement : la raie verte du mercure et le groupe 3660 U. Å. dans le proche ultraviolet. Pour ces deux rayonnements, x variait proportionnellement à $\sqrt{\lambda}$, conformément à la théorie que j'ai proposée. Je viens d'étendre cette vérification depuis 3128 U. Å. jusqu'à 8000 U. Å. environ.

Après des essais avec un arc au mercure et des filtres divers (notamment un verre de Wood de 1^{cm} d'épaisseur qu'a bien voulu me prêter M. Curie), j'ai pu employer le monochromateur en quartz de Athanasiu [2]. La fente du collimateur était éclairée soit par un arc au mercure, soit par une lampe Pointolite. La lentille et le prisme disposés après la deuxième fente furent enlevés, de sorte que le faisceau divergent qui sort de cette fente pouvait projeter directement sur la plaque photographique l'ombre de l'écran opaque.

Cet écran était constitué par la même bille d'acier qui avait déjà servi. La hauteur de la fente, limitée à 5^{mm} environ, fut mesurée avec le même comparateur que les clichés. Sauf dans l'ultraviolet (3128 U. Å.) la fente était précédée d'un verre dépoli. Cette précaution ne pouvant être prise pour la radiation en question, j'ai pris quelques clichés en déplaçant sans

---

[1] *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1704, et *Journ. Phys.*, 6, 1925, p. 354.

[2] *Rev. Opt.*, 4, 1925, p. 3.

cesse l'arc devant la fente du collimateur. Les résultats sont restés les mêmes.

Dans l'ultraviolet et le violet j'ai employé des plaques pour diapositifs à tons noirs; une grande finesse de grain est en effet désirable. Pour le vert et le rouge, les plaques « micro-panchro » de Lumière sont utilisables, mais les multiples petits défauts de la couche annulent malheureusement, et au delà, l'avantage de la finesse du grain. Les résultats furent bien meilleurs avec des plaques sensibilisées par M. Calzavara. Dans l'infrarouge je me suis servi également de plaques obligeamment fournies par M. Calzavara et sensibles de $0^{\mu},70$ à $0^{\mu},80$. Elles sont remarquables surtout par leur sensibilité très grande et par l'absence de voile.

Le tableau ci-dessous résume deux séries de mesures. La deuxième colonne donne la moitié de la largeur calculée de l'ombre géométrique. La troisième donne la demi-distance entre les deuxièmes minima observés en des points diamétralement opposés de l'écran : chacun de ces nombres est la moyenne d'un assez grand nombre de mesures. Enfin Π représente l'expression $\sqrt{\frac{2\lambda b(a+b)}{a}}$.

Ce travail n'ayant pas eu pour but la détermination des valeurs absolues de $\frac{x}{\Pi}$, seules les mesures de la deuxième série pouvaient donner ce rapport avec quelque exactitude. Quant aux derniers nombres (III), ils proviennent de mesures faites avec les raies jaunes du mercure isolées par des filtres et dans des conditions expérimentales radicalement différentes. Rappelons que nous avions trouvé, comme moyenne de toutes les expériences antérieures, $\frac{x}{\Pi} = 1,07$; l'accord est très bon. La proportionnalité de x et de $\sqrt{\lambda}$ est donc démontrée; il est vrai que la précision est assez médiocre, mais aucune loi simple ne rendrait compte des résultats.

	λ.	(U. Å.).	$\frac{OO'}{2}$ (mm).	$\frac{mm'}{2}$ (mm).	Π(mm).	x(mm).	$A\frac{x}{\sqrt{\lambda}}$.	$\frac{x}{\Pi}$.
I.	Violet.....	4360	6,317	6,70	0,329	0,380	5,80	1,16
	Rouge.....	6590	»	6,81	0,405	0,490	6,05	1,21
	I. R.......	7950	»	6,84	0,445	0,485	5,85	1,09
II.	U. V.	3128	6,340	6,641	0,280	0,301	5,40	1,075
	Vert.......	5460	»	6,745	0,370	0,405	5,49	1,092
	Rouge.....	6300	»	6,771	0,398	0,431	5,43	1,081
	I. R.......	7800	»	6,796	0,443	0,456	5,23	1,025
III.	Jaune......	5780	5,778	6,233	0,512	0,545	»	1,065

2. J'ai également essayé d'étudier ces phénomènes à l'aide du microphotomètre de MM. Lambert et Challonge (¹). Toutefois les enregistrements obtenus jusqu'ici, tout en confirmant les faits observés, n'ont pas permis de faire de nouveaux progrès.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Dispersion de biréfringence électrique du camphre.* Note de M. **R. de Mallemann**, présentée par M. A. Cotton.

L'étude complète des propriétés optiques du *camphre* présente un intérêt spécial. Ce corps actif possède, en effet, une dispersion rotatoire naturelle d'une grandeur exceptionnelle ; sa dispersion rotatoire magnétique, au contraire, ainsi que sa dispersion de réfraction, sont tout à fait normales. Comme l'a montré Darmois (²), le camphre se présente ainsi comme une exception caractérisée à une loi empirique énoncée par Wiedemann, qui est d'ailleurs sans aucun fondement théorique ou expérimental. Nous avons pensé qu'il pouvait être intéressant de compléter notre étude antérieure de la biréfringence électrique de ce corps par celle de la dispersion de cette biréfringence.

Le principe de la méthode mise en œuvre est le même que celui de nos premières mesures (³). Toutefois, au lieu de soumettre le corps étudié à des champs interrompus, suivant la technique de Pauthenier, nous avons préféré opérer ici avec un champ continu, permettant des mesures sur les raies de l'arc au mercure. Les qualités isolantes des solutions de camphre dans l'essence de pétrole sont favorables à ce mode opératoire; nous avons pu vérifier que l'échauffement du liquide était insensible, après électrisation prolongée.

Le commutateur tournant précédemment employé donnerait ici des tensions beaucoup trop irrégulières; nous l'avons remplacé par un kénotron grand modèle. La constance du champ est contrôlée par un condensateur à CS^2, mis en parallèle avec le condensateur d'étude, et par un voltmètre sensible, en dérivation sur le primaire du transformateur.

Les sources utilisées sont les raies 578, 546 et 436 de l'arc au mercure. La lumière est dispersée par un gros prisme à CS^2, *à déviation constante* (⁴) et analysée au moyen de l'appareil de Chaumont.

(¹) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 924.

(²) E. Darmois, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 22, 1911, p. 247.

(³) *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 380. — *Ann. de Phys.*, 22, 1924, p. 1.

(⁴) Ce prisme a été construit sur nos indications par la maison Pellin. Il est très lumineux particulièrement dans le bleu, pour lequel les prisme u flint, toujours jaunâtres, présentent une absorption notable.

Nous avons opéré successivement sur le camphre *actif* et sur le camphre *inactif*. Dans le premier cas, les mesures sont faites en suivant la méthode de détermination de la biréfringence électrique des corps actifs décrite antérieurement; elles donnent ainsi un exemple d'application de cette méthode aux études de dispersion.

Le dissolvant employé est obtenu par rectification de l'essence de pétrole; il a été choisi avec intention un peu moins volatil que celui de nos premières expériences (hexane). Nous le désignerons donc sous le nom de *ligroïne*.

Résultats. — Condensateur solution camphrée : $l_c = 988^{mm}$; $l = 5^{mm},66$; Cond. CS^2; $l_c = 214^{mm},8$; $l = 6^{mm},55$.

I. *Camphre actif* ($C = 31,6$; $d_{15°} = 0,809$) :

Les azimuts d'ellipticité maxima α_0 sont déterminés par deux mesures préliminaires; le polariseur est ensuite orienté successivement dans chacun de ces azimuts et les biréfringences φ calculées d'après la formule

$$\sin 2\gamma = \frac{\varphi}{\delta}\left\{\sin\delta \sin 2\alpha_0 + \frac{2\omega}{\delta}(1-\cos\delta)\cos 2\alpha_0\right\},$$

γ étant l'ellipticité mesurée et δ la biréfringence elliptique $\sqrt{\varphi^2 + 4\omega^2}$.

Raies.	Az. α_0.	ω.	φ.	γ calculé.	γ observé.	Dispersion.
	°	°	°	° ′	° ′	
578..........	36	18,1	9,6	4.42	4.40	1
546..........	34	21,7	10,3	5.02	5.02	1,07
436..........	20	49,9	13,7	6.01	6.01	1,425

Ellipticité CS^2 : $\gamma' = 16°36'$.

Ces valeurs correspondent à l'effet superposé du camphre et de la ligroïne; en déduisant l'effet propre de cette dernière [1], nous obtenons pour $A = 0^{\mu},546$:

$$\text{Constante de Kerr du camphre} : \Gamma = 100 \times \frac{4,97}{16,6} \times \frac{21,48}{9,88} \times \frac{320}{429} = 48°,6 \quad (C = 31,6).$$

$$\text{Biréfringence spécifique} : [\Gamma] = \frac{\Gamma}{c} = 153,7 \qquad (CS^2 = 100).$$

---

[1] La biréfringence de la ligroïne employée ($d_{19°} = 0,727$), a été mesurée dans la même cuve. Nous avons trouvé 20′ pour le vert et 26′ à 27′ pour le bleu (Précision de 30″ pour le vert). L'ellipticité correspondante de CS^2 étant de 18°36′, la constante de Kerr est environ 3. L'effet propre de la ligroïne est donc de 11′ dans le cas du camphre actif et de 8′ dans celui du camphre inactif. La dispersion est de l'ordre de 1,33, *c'est-à-dire à peu près la même que celle des solutions de camphre*, résultat que nous avions prévu théoriquement. La biréfringence spécifique du camphre étant indépendante de la concentration, il en résulte que les nombres obtenus doivent représenter très approximativement la dispersion du camphre pur.

Ce nombre obtenu ici en champ *continu*, est légèrement inférieur à celui que nous avons trouvé précédemment par la méthode des champs interrompus (159).

II. *Camphre inactif* ($C = 31,6$; $d_{17°,5} = 0,804$; $\alpha_0 = 45°$) :

Raies.	γ observé.	φ.	Dispersions.	γ′(CS²).
	° ′	° ′		
578...............	3.45	7.30	1	″
546...............	3.56	7.52	1,05	12°17
436...............	5.14	10.28	1,40	″

Les dispersions concordent avec les précédentes, à la précision des mesures.

Constante de Kerr :

$$\Gamma = 100 \times \frac{3,8}{12,3} \times \frac{21,48}{9,88} \times \frac{320}{429} = 50,1 \qquad (C = 31,6).$$

Biréfringence spécifique :

$$[\Gamma] = 158,6.$$

La concordance des nombres obtenus pour la variété active et la variété inactive, est suffisante. D'où la conclusion : *Les biréfringences spécifiques du camphre actif et du camphre inactif sont sensiblement les mêmes. La dispersion est normale.*

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la méthode de préparation de sources de* RaB + RaC. Note [1] de M. **H. Jedrzejowski**, présentée par M. Jean Perrin.

Voulant préparer des sources de RaB + RaC à la fois intenses et petites, nous avons étudié les diverses méthodes qui se rattachent à cette question.

On emploie couramment les deux méthodes suivantes pour préparer la source :

1° Concentration du dépôt actif dans un champ électrique sur une surface de forme appropriée.

2° Condensation de radon sur une surface métallique à l'aide de l'air liquide [2].

---

(1) Séance du 14 juin 1926.

(2) Petterson, *Wien. Ber.*, 132, 1923, p. 55. — Ortner et Petterson, *Wien. Ber.*, 133, 1925, p. 229.

La méthode du champ électrique donne un rendement trop faible, surtout pour les petites sources. Le meilleur essai d'une série d'expériences a donné un rendement de 28 pour 100 à partir de 38 m.c. de radon. La surface activée avait $1^{mm},3$ de diamètre.

La préparation d'une source intense de l'ordre de 100 m.c. exige une quantité considérable de radon. Mais alors celui-ci attaque très énergiquement la graisse des robinets et celle de la plaque activée et, après quelque temps, il est difficile d'éviter totalement les fuites d'émanation.

Les expériences nous ont permis de confirmer en même temps le fait, déjà observé par A. Gabler ([1]), que pour les grandes différences de potentiel le rendement ne dépend pas du sens du champ, seule la distribution du vent ionique semble influer.

La méthode par condensation dans l'air liquide donne un meilleur rendement. Les auteurs ([2]) indiquent 40 pour 100 pour une surface de 8^{mm} de diamètre. Le rendement décroît pour des sources plus petites.

Nous avons construit l'appareil représenté par la figure 1, qui donne un rendement supérieur, sans nécessiter l'emploi de l'air liquide. La partie A sert à activer; la partie B est un dispositif couramment employé dans les appareils contenant les solutions de radium; elle sert, après la série d'activations, à récupérer le radon restant.

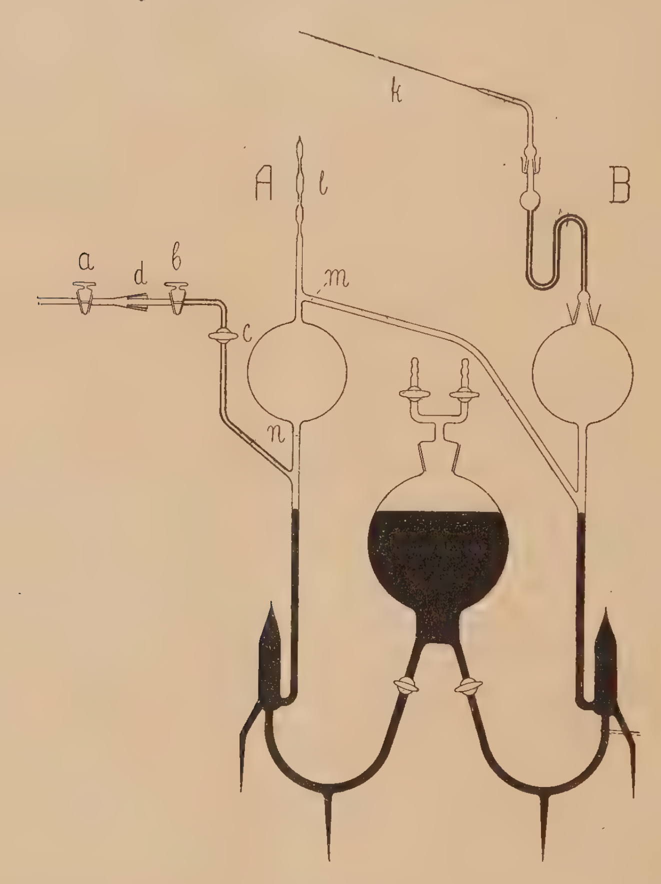
On introduit le radon dans l'appareil au moyen du jeu de robinets *a*, *b*, *c* et du rodage *d*. Le fonctionnement s'explique clairement d'après la figure. Avant de casser le capillaire à radon, placé dans la voie du robinet *b*, on fait le vide parfait dans tout l'appareil à l'aide d'une pompe à diffusion. Après rupture du capillaire, on refoule le radon à l'aide de mercure jusque dans la boule la plus élevée d'une série de boules *l*, soudées à l'avance, mesurant chacune 20 à 30^{mm^3}. Après 3-4 heures, on fait descendre le mercure jusqu'en *n* et l'on sépare la première boule à la flamme. On peut faire immédiatement la seconde activation. L'émanation restant toujours enfermée entre le verre et le mercure, aucune fuite n'est à craindre. La boule activée est coupée en deux, puis lavée avec un peu de HCl concentré et bouillant contenant des traces de $AzHO^3$. On évapore la solution du dépôt actif sur une petite plaque de verre chauffée convenablement. La source est préparée en 5-10 minutes. Pour les très petites sources de $2\text{-}3^{mm}$ de diamètre, nous avons utilisé une pipette munie d'un tube en caoutchouc. On

---

([1]) A. Gabler, *Wien. Ber.*, 129, 1920, p. 1.

([2]) Ortner et Petterson, *loc. cit.*, p. 232.

fixe la pipette remplie de solution par une pince, de façon que le bout du capillaire de la pipette appuie fortement sur le milieu d'une plaque de verre de 4×4^{mm}. En chauffant convenablement et en réglant la pression dans la pipette, on fait descendre le liquide au fur et à mesure de l'évaporation; l'opération est très rapide.



Pour étudier l'influence des lavages successifs et le rendement, nous avons, 20 minutes avant la fin de l'activation, lavé quatre fois successivement la boule à l'acide; une minute chaque fois. Les solutions sont évaporées sur quatre plaques de verre et l'on mesure pendant 2 heures la décroissance de leur activation; de même pour la boule. Au début des mesures ($t = 50$) les activations exprimées en pour 100 du total du dépôt actif sont :

Plaques..................	1	2	3	4	boule
Pour 100..................	81	5,2	1,23	0,68	11,6

La plus grande partie du dépôt est dissoute au premier lavage. La décroissance des courbes de désactivation montre que le RaB passe plus vite en solution que le RaC, ce qui concorde avec le caractère plus positif du RaB. E. Ramstedt [1] a signalé que pour une surface de verre activée dans le radon, sans le champ électrique, il est impossible de dissoudre beaucoup plus de 50 pour 100 du dépôt. Elle a supposé que cette limite est due au recul de RaA. Nos expériences semblent mettre en doute que, dans les conditions d'expérience, la pénétration du recul dans le verre dépasse les limites d'action de l'acide.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de la viscosité sur le pouvoir rotatoire spécifique de certains corps actifs.* Note de MM. **Pierre Achalme** et **Jacques Achalme**, présentée par M. Charles Moureu.

La découverte de la polarisation rotatoire moléculaire par Biot en 1815 amena celui-ci à classer les corps actifs en deux catégories : les uns possèdent un pouvoir rotatoire spécifique fixe, quelles que soient les conditions de concentration ou de température; le pouvoir rotatoire des autres varie, au contraire, avec une amplitude plus ou moins grande suivant la concentration et la température.

L'acide tartrique appartient à cette dernière catégorie et a été particulièrement étudié à ce point de vue.

Biot crut trouver l'interprétation de ce fait, capital au point de vue de la structure moléculaire, dans l'existence de combinaisons chimiques du corps actif, soit avec lui-même (polymérisation), soit avec le solvant. Aignan indiqua comme possible une dissociation par dissolution, soit du corps actif, soit de la combinaison formée avec le solvant.

Mais l'étude cryoscopique dut faire éliminer toute idée de polymérisation et les recherches de Golse sur le pouvoir réfringent des solutions des corps à pouvoir rotatoire variable aboutirent à un résultat nettement négatif en ce qui concerne l'existence de combinaisons définies; le problème restait donc entier.

L'un de nous ayant constaté certaines anomalies en suivant au polarimètre l'interversion du sucre par les acides en présence d'une forte proportion de glycérine, nous avons recherché si ce fait pouvait être généralisé.

---

(1) E. Ramstedt, *Meddelanden fran Nobelinstitut*, 2, 1913, 31.

Or, en employant l'acide tartrique, l'acide malique, le lévulose, le camphre, etc., on constate que l'influence de la viscosité est capitale.

Nous ne citerons ici que deux séries d'expériences se rapportant à l'acide tartrique, qui montrent la netteté et l'intensité du phénomène.

Pour faire varier la viscosité de la solution tartrique, nous avons utilisé une solution concentrée d'acide citrique, corps dépourvu de pouvoir rotatoire, donnant des solutions très visqueuses, et n'exerçant aucune action chimique sur l'acide tartrique.

Dans une première série, la concentration en acide tartrique restait la même $\left(3,75 \text{ pour } 100, \text{ soit } \frac{N}{4}\right)$, mais la viscosité variait par suite de la dilution dans un mélange en quantités inégales d'eau et de solution saturée d'acide citrique. La viscosité, mesurée à l'aide d'un viscosimètre de Baume et énoncée dans le tableau ci-dessous, est la viscosité par rapport à l'eau à la température de l'expérience.

Tableau I. — *Concentration constante $\frac{N}{4}$. Viscosité variable.*

Solution d'acide tartrique à 60 pour 100.	Eau.	Acide citrique. Solution saturée.	α observé.	Pouvoir rotatoire spécifique.	Φ Viscosité relative à l'eau.
cm³ 5	cm³ 35	//	° ′ 2	13,66	1,118
5	30	cm³ 5	1.50	12,22	1,352
5	25	10	1.38	10,88	1,647
5	20	15	1.30	10	2,177
5	15	20	1.24	9,33	2,965
5	10	25	1.12	8	4,176
5	5	30	1.04	7,11	6,235
5	//	35	0.56	6,22	9,353

Dans une seconde série, la concentration variait, mais la viscosité était maintenue constante, la dilution étant faite à l'aide d'une solution d'acide citrique isovisqueuse de la solution la plus concentrée d'acide tartrique. Dans le tableau suivant, on peut comparer la constance du pouvoir rotatoire spécifique dans ces conditions comparée à ses variations dans le cas de dilution dans l'eau.

TABLEAU II. — *Viscosité constante. Concentration variable.*

Concentration en acide tartrique.	Solution 4N diluée dans une solution isovisqueuse d'acide citrique ($\varphi = 4,507$). α calculé suivant la concentration.	α observé.	Pouvoir rotatoire spécifique.	Solution 4N diluée dans l'eau. α.	Pouvoir rotatoire spécifique.	Φ.
	° ′	° ′		° ′		
4N (60 pour 100)...	10.00	10.00	8,33	10.00	8,33	4,507
3N (45 »)...	7.30	7.28	8,29	9.00	10,00	1,96
2N (30 »)...	5.00	4.58	8,27	6.52	11,44	1,693
1N (15 »)...	2.30	2.29	8,27	3.56	13,11	1,24
$\frac{1}{2}$N (7,5 »)...	1.15	1.17	8,55	2.04	13,77	1,066
$\frac{1}{4}$N (3,75 »)...	0.37.30″	0.38	8,44	1.02	13,78	1

Ces expériences, choisies parmi un grand nombre de résultats identiques, montrent avec évidence par la netteté des conclusions obtenues au moyen de deux méthodes convergentes, que la concentration en matière active n'exerce aucune action directe sur le pouvoir rotatoire, mais agit indirectement en augmentant la viscosité du milieu.

En dehors de l'intérêt que présente en lui-même ce fait nouveau de l'action d'un facteur mécanique : la viscosité, sur le phénomène optique du pouvoir rotatoire d'un corps dissous, il n'échappera pas qu'il présente une grande importance par les déductions que l'on en peut tirer sur la structure moléculaire des corps actifs.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la structure électrique des molécules, particulièrement des corps mésomorphes* [1] (*fluides anisotropes*). Note de M. **Edmond Bauer**, présentée par M. Jean Perrin.

I. De toutes les théories proposées pour rendre compte des propriétés des liquides anisotropes, la plus satisfaisante est celle de M. Born dont voici les hypothèses fondamentales :

1° Les molécules de ces substances sont semblables à des bâtonnets très allongés. Elles possèdent un axe optique qui se confond avec leur axe d'allongement.

(1) La terminologie est celle de G. Friedel, *Ann. de Phys.*, 9e série, 18, 1922, p. 273.

2° Elles portent en outre un dipôle électrique dont le moment est très grand et parallèle à l'axe optique.

II. Nous allons voir dans quelle mesure l'expérience confirme ces hypothèses. La première est admise par tous les physiciens qui se sont occupés des corps mésomorphes. Elle a été établie en toute rigueur par les travaux de J. Perrin et surtout Ed. Friedel (¹), dans le cas des substances smectiques. Ces corps prennent souvent une structure régulière à plans équidistants perpendiculaires à l'axe optique. La distance de ces plans se mesure à l'aide des rayons X. Elle est égale à la longueur des bâtonnets moléculaires.

Il est naturel d'étendre cette conclusion à tous les corps mésomorphes, même à ceux qui ne prennent pas la structure à plans, étant donnée l'analogie de leurs formules chimiques.

III. Pour vérifier la deuxième hypothèse, nous nous adresserons aux expériences de Jezewski (²) et Kast (³) sur la variation que subit dans un champ magnétique la constante diélectrique *des corps nématiques* (para-azoxyanisol).

On sait que ces corps diamagnétiques s'orientent à peu près complètement dans un champ magnétique intense : leur axe (optique) se met parallèlement aux lignes de force (Mauguin). Si l'on mesure dans ces conditions le pouvoir inducteur spécifique parallèlement au champ magnétique, on constate qu'il est plus petit qu'à l'état normal où les axes moléculaires ont toutes les orientations possibles.

Il est aisé d'étendre la théorie des diélectriques de Debije au cas où un champ magnétique, se superposant au champ électrique, modifie la répartition des axes moléculaires dans l'espace. On trouve que, si le moment électrique et l'axe moléculaire sont confondus, un champ magnétique parallèle au champ électrique doit augmenter la constante diélectrique. Il la diminue au contraire si le moment est normal à l'axe. L'expérience nous impose donc la conclusion suivante : *Dans le cas des corps nématiques, le moment électrique est perpendiculaire à la chaîne moléculaire, ou, du moins très légèrement incliné sur celle-ci.*

Cette hypothèse rend compte, dans leurs grandes lignes, de certaines

(¹) Ed. Friedel, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 269.
(²) Jezewski, *J. de Phys.*, 6e série, 5, 1924, p. 59.
(³) Kast, *Ann. der Phys.*, 73, 1924, p. 145.

propriétés de ces substances, notamment de la *structure à fils*. Comme l'a montré G. Friedel, ces fils, lignes unies que l'on aperçoit souvent entre nicols croisés, sont des axes d'enroulement des axes optiques moléculaires. Dans notre hypothèse, ils sont constitués par des chaînes de doublets se fixant mutuellement par leurs pôles de signes contraires et autour desquelles les axes optiques prennent toutes les orientations possibles.

Si l'on soumet le liquide à un champ électrique *ces fils s'orientent parallèlement au champ* ([1]). Cette expérience me paraît vérifier directement l'image proposée ici.

De même, ce résultat négatif d'une expérience de Szivessy ([2]) qui a tenté sans succès de créer dans un liquide nématique une polarisation électrique par un champ magnétique s'explique immédiatement.

IV. Dans les liquides smectiques, la structure à plans équidistants, l'absence d'orientation dans un champ suggèrent une structure électrique différente.

Si, comme le croit L. Royer ([3]), certains corps, observés par Kast et dont le pouvoir inducteur *croît* dans un champ magnétique, sont des corps smectiques, le moment électrique de ces substances est parallèle à l'axe, conformément aux idées de Born.

Bien entendu, toutes les images proposées ici ne sont qu'une première approximation, le premier terme du développement en série de la distribution des charges de la molécule.

V. Dans les corps paramagnétiques portant à la fois un moment électrique et un moment magnétique, il est naturel de supposer ces deux vecteurs perpendiculaires l'un à l'autre. Soit, par exemple, l'orbite elliptique d'un électron autour d'un ion positif, le moment magnétique est normal au plan de l'ellipse, le moment électrique est dirigé suivant son grand axe. Comme me l'a fait remarquer M. Langevin, la même conclusion découle de simples considérations de symétrie, les seuls axes (binaires) que possède un moment magnétique lui étant perpendiculaires.

Cette remarque simple rend parfaitement compte du résultat négatif des nombreuses expériences tentées pour observer la production d'une polarisation électrique par un champ magnétique ou réciproquement. Il

---

([1]) G. Friedel, *loc. cit.*, p. 378.

([2]) Szivessy, *Zeitschr. f. Phys.*, 34, 1925, p. 474.

([3]) L. Royer, *Journ. de Phys.*, 6e série, 7, 1924, p. 216.

ne paraît donc pas nécessaire, contrairement à l'opinion de Debije [1], d'abandonner, dans le cas des fluides, la théorie du paramagnétisme de Langevin.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'adsorption de quelques acides organiques par deux charbons actifs d'origine différente.* Note de M. **P. Surun**, présentée par M. A. Béhal.

Nous avons étudié le pouvoir adsorbant des charbons médicinaux, pour les acides organiques en solution aqueuse et à diverses concentrations.

Les deux charbons utilisés dans ces expériences étaient des charbons activés, l'un par imprégnation au Cl^2Zn, l'autre par la chaleur; ils avaient été ensuite traités par l'acide chlorhydrique, puis lavés à l'eau distillée, jusqu'à disparition complète des chlorures.

Les expériences préliminaires nous ont montré que l'état d'équilibre est atteint après 30 minutes de contact en agitant, quelles que soient les concentrations utilisées.

Les essais ont été effectués de la façon suivante : un poids de $0^g,25$ de charbon sec, réduit en poudre et passé au tamis 45, a été agité, pendant 30 minutes, avec 50^{cm^3} de solutions $\frac{N}{10}$, $\frac{N}{50}$ et $\frac{N}{100}$ des acides suivants : acide acétique, acide oxalique, acide tartrique, acide citrique.

On a procédé à la séparation des liquides par centrifugation et déterminé ensuite les teneurs en acide, par dosage alcalinimétrique effectué en présence de phénolphtaléine, avec des solutions alcalines titrées $\frac{N}{10}$, $\frac{N}{50}$, $\frac{N}{100}$, suivant les concentrations initiales des solutions acides utilisées.

Les quantités de substances fixées par gramme de charbon, pour chacun de ces acides, sont rassemblées dans le tableau ci-contre. Elles sont exprimées en milligrammes, milliéquivalents et millimolécules.

---

(1) P. Debije, *Z. f. Phys.*, 36, 1926, p. 300.

Acides employés.	Concentration des solutions.	Adsorption des acides organiques par : Charbon au chlorure de zinc. Quantité fixée par gramme de charbon sec en : milli-grammes.	milli-équivalents.	milli-molécules.	Charbon activé par la chaleur. Quantité fixée par gramme de charbon sec en : milli-grammes.	milli-équivalents.	milli-molécules.
Acide acétique..	$\frac{N}{10}$	96	1,6	1,6	84	1,4	1,4
	$\frac{N}{50}$	48	0,8	0,8	69,6	1,16	1,16
	$\frac{N}{100}$	36	0,6	0,6	61,2	1,02	1,02
Acide oxalique.	$\frac{N}{10}$	126	2	1	126	2	1
	$\frac{N}{50}$	75,6	1,2	0,6	93,2	1,48	0,74
	$\frac{N}{100}$	52,9	0,83	0,41	71,8	1,14	0,57
Acide tartrique.	$\frac{N}{10}$	135	1,8	0,9	105	1,4	0,7
	$\frac{N}{50}$	84	1,12	0,56	87	1,16	0,38
	$\frac{N}{100}$	48,5	0,64	0,32	78	1,04	0,52
Acide citrique..	$\frac{N}{10}$	203	2,9	0,97	84	1,2	0,4
	$\frac{N}{50}$	123,2	1,76	0,55	70	1	0,33
	$\frac{N}{100}$	88,4	1,26	0,42	59,5	0,85	0,28

La construction des courbes logarithmiques nous a montré que l'adsorption de ces acides par les deux charbons essayés, était parfaitement régie par la règle de Freundlich, puisque les représentations graphiques correspondaient bien à des droites.

Les résultats obtenus au cours de ces expériences ne paraissent pas en accord avec ceux signalés par MM. Fromageot et Wurmser [1] en employant le charbon Urbain. En effet, ces auteurs, pratiquant leurs essais uniquement sur des solutions $\frac{N}{100}$, admettent que l'adsorption de ces

(1) Fromageot et Wurmser, *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 972.

mêmes acides, exprimée en millimolécules, va en augmentant depuis l'acide acétique jusqu'à l'acide citrique et concluent que, d'une façon générale, l'adsorption des acides organiques est d'autant plus importante que le nombre de groupements COOH dans la molécule acide est plus grand.

Or les chiffres donnés dans le tableau ci-dessus nous conduisent au contraire à des résultats diamétralement opposés. En effet, la fixation de ces acides par le charbon au chlorure de zinc paraît d'autant plus importante que le nombre de groupements COOH dans la molécule est plus grand lorsqu'on rapporte l'adsorption en milligrammes ou en milliéquivalents, mais devient généralement plus faible lorsqu'on l'exprime en millimolécules. D'autre part, l'adsorption de ces acides par le charbon activé par la chaleur ne suit aucune règle précise lorsqu'elle est représentée en milligrammes et en milliéquivalents; mais, par contre, décroît nettement depuis l'acide acétique jusqu'à l'acide citrique lorsqu'elle est chiffrée en millimolécules.

Ces faits établissent qu'il est impossible de généraliser la manière de voir admise par MM. Fromageot et Wurmser dans le cas de l'adsorption des acides organiques par le charbon Urbain. Leurs conclusions à ce sujet sont complètement infirmées par nos déterminations, effectuées avec deux autres variétés de charbons, qui démontrent, au contraire, que la fraction moléculaire des acides organiques adsorbée par ces deux charbons, est généralement d'autant plus faible que le nombre de fonctions COOH dans la molécule d'acide est plus élevé, et ceci, indépendamment des concentrations des solutions employées.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Discussion des résultats obtenus dans l'étude quantitative de l'association du chlorure mercurique.* Note de MM. **F. Bourion** et **E. Rouyer**, présentée par M. G. Urbain.

Dans une Note précédente (¹) nous avons fait par voie ébullioscopique, une étude quantitative de l'association du chlorure mercurique et montré, qu'à 100°, il y avait un équilibre entre la molécule triple et la molécule simple, caractérisé par $K = \frac{(C_{Cl^2Hg})^3}{C_{Cl^6Hg^3}} = 2,78$.

(¹) F. Bourion et E. Rouyer, *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 54.

Or, depuis notre publication, nous nous sommes aperçus qu'une étude de ce phénomène avait été faite par M. G. Linhart [1] à l'aide d'une méthode basée sur la mesure du coefficient de partage entre l'eau et la benzine à 25° et 40°. De cette étude très soignée M. Linhart a conclu à un équilibre entre la molécule simple et la molécule double. Il semble donc y avoir divergence entre les résultats de M. Linhart et les nôtres : en réalité, la contradiction n'est qu'apparente. Pour le comprendre, indiquons le principe de sa méthode.

A une température donnée, on met une solution aqueuse de chlorure mercurique, de concentration C_{w_0} en présence de benzine ; il y a un rapport défini R_∞ entre la concentration de la molécule simple dans la phase aqueuse et la concentration C_b (mesurée directement) de cette même molécule dans la benzine, où elle existe seule. Si C_w est la concentration totale du chlorure mercurique dans l'eau, et R le coefficient de partage brut, on a

$$(1) \qquad C_{w_0} = C_w + C_b, \qquad C_w = C_{w_0} - C_b,$$

$$(2) \qquad R = \frac{C_w}{C_b},$$

$$(3) \qquad R_\infty = \frac{C_{Cl^2Hg}}{C_b}, \qquad C_{Cl^2Hg} = R_\infty C_b,$$

$$(4) \qquad K = \frac{C_{Cl^4Hg^2}}{(C_{Cl^2Hg})^2},$$

R_∞ correspondant à une dilution infinie, est obtenu par extrapolation de R.

$$(5) \qquad C_{Cl^4Hg^2} = \frac{C_w - C_{Cl^2Hg}}{2} = \frac{C_{w_0} - C_b - R_\infty C_b}{2}.$$

On calcule K en fonction de C_{w_0}, C_b et R_∞. On a observé à 25° :

C_b.	C_w.	10^4K.	C_b.	C_w.	10^4K.
21,000	286,600	2,94	8,798	111,202	2,97
17,391	232,609	3,00	5,244	64,756	3.02
12,224	157,776	2,91	0,6177	7,3823	2,94

Ces résultats, joints à ceux qu'il a obtenus à 40°, rendent indiscutables, les conclusions de M. Linhart.

Mais nous nous séparons entièrement de ce savant lorsqu'il déduit des expériences ébullioscopiques de MM. Kahlenberg, Landsberger et Beckmann, que l'équilibre a lieu à 100° entre molécules simples et molécules doubles, comme dans ses propres expériences.

---

(1) G.-A. LINHART, *Amer. Chem. Soc.*, 37, 1915, p. 258.

Indiquons les valeurs de K_2 et K_3, calculées à partir des données de Beckmann, et à titre de comparaison, les résultats de nos expériences :

K_2, K_3 déduits des données de Beckmann.

Poids de sel dans 100g d'eau.	$K_2 = \frac{C_{Cl^4Hg^2}}{(C_{Cl^2Hg})^2}$.	K_3.
13,16	0,047	0,00272
13,42	0,019	0,00112
17,60	0,045	0,00198
19,93	0,031	0,00123
22,22	0,056	0,00194

Bourion et Rouyer.

Concentration.	$K_2 = \frac{(C_{Cl^2Hg})^2}{C_{Cl^4Hg^2}}$.	K_3.	K_4.
0,525	2,48	2,48	1,76
0,583	2,33	2,58	2,02
0,700	2,04	2,71	2,49
0,875	1,77	2,94	3,29
1,050	1,33	2,69	3,49
1,225	1,11	2,68	3,95
1,400	1,01	2,84	4,72
1,575	0,858	2,80	5,17
1,750	0,770	2,86	6,49

On voit que K_3, déduit de nos expériences, offre seul une bonne constance qui impose l'équilibre entre les molécules simples et les molécules triples; K_2 et K_3, déduits des données de Beckmann, présentent le même défaut de constance parce que l'erreur expérimentale, qui est seulement de ±0,003 dans nos expériences, atteint parfois 0°,020 dans les mesures de ce savant.

En résumé, il y a équilibre entre les molécules simples et les molécules doubles de chlorure mercurique à 25° et 40°, pour des concentrations ne dépassant pas $0^{mol},37$ (expériences de M. Linhart). Il y a équilibre entre les molécules simples et les molécules triples à 100° et pour des concentrations supérieures à $0^{mol},5$ (expériences de F. Bourion et E. Rouyer).

On explique aisément ces résultats par l'accroissement de la constante K_2 de M. Linhart avec la température et par une augmentation de l'association due à une élévation de la concentration (loi des masses).

Ces conclusions trouvent un point d'appui dans les résultats obtenus par

l'un de nous (¹), dans l'étude ébullioscopique de l'association des polyphénols, où l'on a rencontré un équilibre du premier type aux basses concentrations et du deuxième type aux concentrations élevées. L'équilibre du premier type, dans le cas du chlorure mercurique, correspond vraisemblablement, à 100°, à une concentration trop faible pour que la sensibilité de la méthode ébullioscopique permette de le mettre en relief.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude des réactions entre corps solides réduits à l'état colloïdal.* Note (²) de MM. **E. Sterkers** et **R. Bredeau**, transmise par M. C. Matignon.

On sait que, pour que les corps solides réagissent facilement les uns sur les autres, il est nécessaire qu'ils soient mis en solution dans un solvant approprié, les réactions n'étant que des combinaisons d'ions. Aussi éprouve-t-on les plus grandes difficultés à faire réagir les uns sur les autres certains corps, à poids moléculaire élevé, pratiquement insolubles et dont la combinaison se fait avec un dégagement de chaleur très faible. C'est le cas, par exemple, des acides gras, de l'acide abiétique (acide résinique) qui fournissent difficilement des sels avec les oxydes métalliques. Nous avons pensé qu'on pourrait résoudre cette difficulté en opérant avec des corps réduits à l'état colloïdal, ce dernier état étant, comme on sait, assez voisin de l'état de solution vraie. Nous avons pu combiner aisément les acides oléique, stéarique, etc., à différentes bases (magnésie, chaux, zinc) en opérant à l'aide d'un appareil, appelé « broyeur colloïdal ».

Cet appareil est constitué par deux disques tournant à grande vitesse et en sens contraire; ces disques sont munis de cloisonnement en chicanes qui obligent les particules à s'entre-choquer violemment. Cet appareil permet non seulement de réduire les corps à l'état de particules colloïdales, animées d'une grande vitesse, mais encore d'assurer un mélange parfait des corps, en présence d'un solvant approprié.

Voici à titre d'exemple, comment nous avons réussi à préparer, à froid, le résinate de calcium.

On introduit lentement dans un broyeur colloïdal une solution de colophane dans le white spirit (pétrole léger) en même temps que de la chaux

(¹) E. Rouyer, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1934.
(²) Séance du 14 juin 1926.

éteinte pulvérisée et tamisée (tamis 80), celle-ci en quantité légèrement supérieure à la théorie; au sortir de l'appareil on obtient un produit pâteux constitué par une solution colloïdale de résinate de chaux qui se transforme bientôt en un gel. Quand l'opération est bien conduite l'acidité du produit obtenu est sinon nulle, du moins très faible (1 pour 100), résultat très difficile à obtenir par toute autre méthode.

En évaporant le solvant on obtient le résinate sous forme solide.

En opérant d'une façon analogue nous avons pu préparer entre autres : l'oléate de zinc, en partant d'acide oléique et d'oxyde de zinc, le stéarate de magnésie en partant d'acide oléique et de magnésie en poudre, etc. Le cyclohexanol constitue un solvant de choix, dans les cas ci-dessus.

Les essais que nous avons effectués nous permettent d'entrevoir la généralisation de ce mode de préparation. Celui-ci possède, sur les autres modes classiques de préparation, le grand avantage de permettre d'effectuer la réaction à froid, sans perte, ni décomposition; il évite également les filtrations auxquelles conduit la méthode par double décomposition.

Nous pensons donc que cette méthode est susceptible de rendre d'autres services.

PHYSIQUE COSMIQUE. — *Sur les relations entre les perturbations magnétiques terrestres et l'activité solaire.* Note de M. **Ch. Maurain**, présentée par M. Daniel Berthelot.

J'ai étudié les relations entre les perturbations du champ magnétique terrestre et l'activité solaire d'après les observations des 41 années 1883-1923, pendant lesquelles les variations de trois éléments magnétiques (déclinaison, composantes horizontale et verticale) ont été enregistrées sans interruption aux observatoires du Parc Saint-Maur ou du Val-Joyeux. L'activité solaire est définie, dans ce travail, par les nombres journaliers S de Wolf et Wolfer dits Zurich + Ausland, c'est-à-dire pour l'obtention desquels il est suppléé aux lacunes des observations à Zurich par les observations analogues faites ailleurs. Dans une partie du travail, l'agitation magnétique est définie par les nombres de 0 à 7 à l'aide desquels on représente, pour chaque journée, le degré de variabilité des courbes; parmi ces nombres, 5 correspond à des perturbations magnétiques notables, 6 à de fortes perturbations, 7 à des perturbations d'une violence exceptionnelle.

Dans ces 41 années, il y a eu 855 journées à perturbation, notées 5, 6

ou 7, soit 5,7 pour 100 du nombre total des journées. Le tableau des valeurs de S pour chacune de ces journées, pour les cinq journées précédentes et pour les trois journées suivantes permet les constatations suivantes :

1° La répartition moyenne de l'activité solaire S autour des journées à perturbation magnétique présente une variation très nette : les nombres ci-dessous donnent les valeurs moyennes de S ($S_{-5} \ldots S_0 \ldots S_{+3}$) rapportées à la valeur moyenne S_0 correspondant aux journées à perturbation.

S_{-5}.	S_{-4}.	S_{-3}.	S_{-2}.	S_{-1}.	S_0.	S_{+1}.	S_{+2}.	S_{+3}.
1,038	1,064	1,077	1,074	1,041	1	0,984	0,974	0,963.

L'activité solaire moyenne passe comme on voit par un maximum qui est environ deux jours et demi avant les journées à perturbation magnétique.

2° Dans le détail, il n'y a pas de correspondance directe entre les valeurs caractérisant l'agitation magnétique et celles caractérisant l'activité des taches. Par exemple, pendant les époques de faible activité solaire, des journées à perturbation magnétique notées 5, 6 ou 7 correspondent parfois à une absence complète de taches non seulement le jour de la perturbation et les deux ou trois jours précédents, mais aussi pendant des durées plus longues. J'ai noté 30 journées à perturbation magnétique telles que l'activité des taches solaires est nulle pour la journée même, pour les 5 journées qui la précèdent et pour les 3 journées qui la suivent. La seule correspondance numérique générale consiste en ce que l'activité des taches autour des journées à perturbation magnétique est en moyenne beaucoup plus grande aux époques de maximum des taches qu'aux époques de minimum.

Ainsi la statistique générale manifeste une relation entre l'agitation magnétique et l'activité des taches, avec un retard moyen d'environ deux jours et demi de la première sur la seconde, mais la recherche détaillée d'une correspondance montre que beaucoup de perturbations magnétiques ne sont précédées de l'apparition d'aucune tache solaire à laquelle on puisse les relier.

On peut interpréter ces faits en admettant que parmi les perturbations magnétiques, les unes sont reliées aux taches solaires alors que d'autres ont une origine différente. Il n'est pas nécessaire de supposer que les perturbations de la première catégorie dépendent directement des taches; il se pourrait que les taches d'une part et d'autre part ces perturbations magné-

tiques fussent des manifestations d'un même état quasi périodique du Soleil. L'origine des perturbations de la deuxième catégorie pourrait d'ailleurs se rattacher indirectement aux phénomènes dont dépendent les taches.

Dans la deuxième catégorie se rangeraient une grande partie des perturbations qui se produisent pendant les périodes de faible activité des taches, par exemple celles qui se sont manifestées pendant les 30 journées citées plus haut. Mais une statistique portant sur ces périodes (en fait, sur 10 années comprenant 121 journées à perturbation magnétique) manifeste la même relation avec l'activité des taches que la statistique générale, avec des caractères un peu différents; le tableau donné ci-dessus est remplacé par le suivant :

S_{-5}.	S_{-4}.	S_{-3}.	S_{-2}.	S_{-1}.	S_0.	S_{+1}.	S_{+2}.	S_{+3}.
1,120	1,346	1,292	1,180	1,084	1	0,975	0,941	0,848

Il y a encore un maximum, mais il est plus accentué, et l'intervalle qui le sépare des journées à perturbation est plus grand que pour le maximum de la statistique générale, 3 jours $\frac{3}{4}$ environ au lieu de 2 $\frac{1}{2}$. Dans l'hypothèse où toutes les perturbations magnétiques dépendraient d'une même cause générale d'origine solaire, on pourrait interpréter ainsi les phénomènes : cette cause présenterait à ces époques une intensité relativement faible; d'une part, il arriverait fréquemment qu'elle ne donne pas lieu à des taches visibles; d'autre part, elle produirait les perturbations magnétiques avec un retard plus grand qu'aux autres époques.

BOTANIQUE. — *Sur les pigments du* Sterigmatocystis nigra. Note [1] de M. **Alb. Frey**, présentée par M. M. Molliard.

Le *Sterigmatocystis nigra* forme deux pigments :

1° Le *pigment noir* des spores bien connu, qui a été caractérisé sous le nom d'aspergilline par Linossier [2];

2° Un pigment *jaune doré*, signalé par Milburn [3] dans des cultures sur de la peptone acidifiée.

---

(1) Séance du 14 juin 1926.

(2) G. Linossier, *Comptes rendus*, 112, 1891, p. 489 et 807.

(3) Th. Milburn, *Zentralbl. f. Bakteriologie*, II, 13, 1904, p. 269.

Le pigment jaune se forme également dans des cultures âgées sur le milieu de Molliard ([1]) quand on empêche le mycélium de fructifier. Dans ce but, il faut déséquilibrer le milieu de façon qu'au cours du développement du champignon, l'acidité actuelle du liquide dépasse le seuil de pH = 2,2; au delà de ce seuil, d'après nos mesures, il n'y a en général plus de fructification. On y parvient en remplaçant PO^4KH^2 du milieu de Molliard, en grande partie ou totalement, par PO^4Na^2H, ou en substituant au AzO^3AzH^4 le $ClAzH^4$. Ce dernier procédé fournit des solutions particulièrement bien colorées, tandis que dans le premier cas, la plus grande partie du colorant reste fixée sur le mycélium au contact du liquide.

Outre ces deux pigments, nous avons trouvé une *matière chromogène* qui apparaît comme le pigment jaune dans les cultures âgées où la fructification a été empêchée; elle s'annonce par un virage au jaune foncé quand on alcalinise le liquide. Par neutralisation, cette coloration disparaît; on peut la provoquer et la faire disparaître plusieurs fois. La matière chromogène serait donc un indicateur dont la forme acide est incolore, et la forme alcaline, jaune foncé; on ne parvient cependant pas à bien préciser son champ de virage parce que c'est un corps très *instable*. La couleur de la forme alcaline ne tarde pas à virer au violacé et, exposée à la lumière ou additionnée de quelques gouttes d'eau oxygénée, elle pâlit rapidement. Ces mêmes procédés permettent de détruire la matière chromogène sous sa forme acide incolore.

Il s'agit de trouver des relations entre ces trois corps : l'aspergilline, le pigment jaune et la matière chromogène. Pour les comparer, nous choisissons des solutions ammoniacales de chacun d'eux. Nous trouvons alors les caractères communs et distinctifs que voici :

	Aspergilline.	Matière chromogène.	Pigment jaune.
Couleur	brun foncé	jaune foncé	jaune d'or
Au spectroscope	absorption de toutes les radiations; elle augmente du rouge au bleu		absorption du violet et du bleu en partie
A la lumière	inaltérée	décolorée	inaltéré
Avec H^2O^2	décolorée	»	pâli ([2])
Avec $Ba(OH)^2$	précipité noir	précipité brunâtre	pas de précipité

On pourrait s'attendre à ce que le pigment jaune et la matière chromogène soient en relation directe, puisque les deux apparaissent dans les cul-

([1]) M. Molliard, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 41.

([2]) Exposée à la lumière complètement décolorée.

tures âgées et stériles. Cependant, au point de vue chimique, ils ne se ressemblent pas du tout; le pigment jaune ne montre aucune réaction avec les alcalis et les acides, et il n'est point précipité par $Ba(OH)^2$. Par contre, le tableau ci-dessus montre qu'au point de vue optique et chimique, la matière chromogène se rapproche de l'aspergilline; si l'on ajoute à ce fait que la matière chromogène se trouve être particulièrement abondante dans les cultures qui sont en train de fructifier, on peut en conclure qu'elle est probablement en rapport étroit avec le pigment des spores. Dans le milieu normal de Molliard, le champignon produit tant d'acide que le seuil de $pH = 2,2$, qui permet la fructification, est franchi (le pH peut atteindre la valeur de 1,6); c'est seulement après la disparition des sucres dans le milieu, que le pH remonte à 2,4 où la fructification est possible, et à ce moment, on constate un maximum de matière chromogène dans le liquide. Après la sporulation, on n'en trouve plus dans le milieu. Il est donc probable que ce corps instable représente un stade préliminaire et transitoire de l'aspergilline, et ceci justifierait le terme de *chromogène* que nous lui avons donné.

Le pigment jaune est facilement soluble dans l'alcool neutre, tandis que, pour dissoudre l'aspergilline, il faut de l'alcool acidifié; avec de l'alcool neutre on en extrait seulement une partie qui fournit une solution jaune foncé. Or Milburn (*loc. cit.*) est d'avis que les spores du *Sterigmatocystis* contiennent les deux pigments : le jaune et l'aspergilline, et suppose que le pigment jaune fournit l'aspergilline par voie d'oxydation; nous avons montré qu'au contraire, le pigment jaune est décoloré par l'eau oxygénée, et jamais nous n'avons pu constater que des solutions alcooliques du pigment jaune brunissent ou noircissent quand on les expose à la lumière, comme Milburn l'indique. Pour nous, la pigmentation n'est donc pas complexe lors de la sporulation normale et le pigment jaune apparaît seulement lorsque la formation de l'aspergilline est supprimée.

En résumé, nous pouvons dire que le pigment jaune n'est pas un corps de transition, mais un pigment stable qu'on peut mettre en parallèle avec l'aspergilline, tandis que la matière chromogène, récemment découverte, serait un stade préliminaire du pigment noir.

BOTANIQUE. — *L'hétérogamie des spores de Prèles et les caractères de sexualisation du cytoplasme.* Note de M. **Ph. Joyet-Lavergne**, présentée par M. L. Mangin.

Equisetum limosum présente deux sortes de spores qui se distinguent par les mêmes méthodes et avec les mêmes réactifs que ceux utilisés pour *Equisetum arvense* (1). Les spores A, moins colorables par les réactifs ou par leurs leucodérivés, ont un rH inférieur à celui des spores B; ces dernières ont des réactions semblables à celles du pollen des phanérogames; les réactions des spores A ressemblent à celles des ovules (2). Pour les deux espèces de Prèles, les différences de rH entre les spores A et B peuvent se manifester par d'autres méthodes : 1° par l'action des sels réductibles. Dans une solution de chlorure d'or ou dans une solution d'azotate d'argent, les spores A, plus réductrices, sont plus colorées que les spores B. Ces réactifs, appliqués aux phanérogames (œillet, lis), donnent les ovules plus colorés que le pollen. 2° Dans une solution de permanganate de potassium à $\frac{1}{1000}$, les spores A ont une action décolorante plus marquée que celle des spores B. L'ovule des phanérogames (œillet, lis, giroflée) décolore le réactif plus fortement que ne le fait le pollen.

Le réactif des peroxydases (benzidine + H^2O^2), appliqué aux deux espèces de Prèles, montre que les spores B ont une réaction plus intense que celle des spores A. Avec les phanérogames (œillet, lis, renoncule rampante) la réaction est plus intense pour le pollen que pour l'ovule. Ainsi les résultats des diverses méthodes utilisées concordent pour montrer que les spores A se rapprochent des ovules, les spores B, des grains de pollen. D'autre part, l'essai des divers réactifs sur une fougère (*Polypodium vulgare*) n'a montré aucune différence parmi les spores. Pour les deux espèces de Prèles étudiées, je considère les spores A, dont le rH intracellulaire est le plus faible, comme des spores ♀ ; les spores B sont des ♂.

Il est possible que les différences d'intensité de la réaction des peroxydases ne constituent pas un caractère indépendant de différenciation sexuelle, mais une simple manifestation des différences de rH. Ces deux propriétés, richesse en peroxydases et valeur du rH intracellulaire, ont en effet une

---

(1) Ph. Joyet-Lavergne, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 980.
(2) Ph. Joyet-Lavergne, *C. R. Soc. Biol.*, 94, 1926, p. 1113.

qualité commune, c'est l'indépendance relative qu'elles manifestent, l'une et l'autre, vis-à-vis des variations de l'intensité respiratoire.

Les différences notées, tant chez les Prèles que dans les Grégarines [1], sont des caractères de sexualisation cytoplasmique fondamentaux et primitifs. Un caractère comme la différence de rH, commun à des groupes aussi éloignés, a probablement la valeur d'un caractère général et, volontiers, j'énoncerais la proposition suivante : La valeur du rH intracellulaire est un caractère de sexualisation du cytoplasme; dans une espèce, les cellules polarisées dans le sens ♀ ont un rH inférieur à celui des cellules polarisées dans le sens ♂.

Il reste encore à faire l'étude de nombreux groupes avant de pouvoir affirmer la généralité de cette proposition; elle se trouve toutefois en accord avec les découvertes récentes sur les vitamines et son énoncé nous permet de concevoir les rapports qui peuvent exister entre deux catégories de résultats sur la vitamine B au sujet desquelles aucune relation n'a encore été établie. L'orientation et le développement des cellules sexuelles étant lié, comme nous le pensons, aux valeurs du rH intracellulaire dépendent des conditions d'oxydation intracellulaires. Si dans un organisme on pouvait diminuer le pouvoir d'oxydation des tissus [condition qui, d'après Drummond [2], semble réalisée par la déficience en vitamine B], parmi les cellules sexuelles, celles qui sont polarisées dans le sens ♂ seraient, étant donnée la valeur de leur rH, les premières à souffrir de cette diminution. Or, la première manifestation histologique de la déficience en vitamine B est précisément une dégénérescence des testicules et, par ailleurs, la déficience provoque une diminution du nombre des ♂ dans la descendance [2].

Dans les Prèles et les Grégarines, si les différences de pH entre deux espèces voisines, au même stade d'évolution, paraissent faibles, les différences de rH sont plus appréciables. L'ensemble des diverses réactions montre, par la comparaison des spores du même sexe, que le rH intracellulaire des spores est plus faible pour *E. limosum* que pour *E. arvense*.

L'hétérogamie physico-chimique des spores de *E. limosum* est légèrement plus prononcée que dans l'autre espèce. En outre, on voit, par les colorations vitales, que quand les spores de *E. limosum* ont des différences de tailles, les plus petites sont en majorité des ♂. Ainsi se trouve réalisé dans cette espèce un essai d'hétérogamie morphologique.

---

(1) Ph. Joyet-Lavergne, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1295.

(2) J.-C. Drummond, *Revue gén. des scienc. p. et ap.*, 37, 1926, p. 262.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Variations des matières organiques, des matières minérales, et en particulier du calcium, dans les feuilles des arbres pendant le jaunissement automnal.* Note [1] de MM. R. Combes et R. Echevin, présentée par M. Molliard.

Les travaux entrepris sur le chimisme des feuilles en automne ont amené à classer les corps qui entrent dans la constitution des tissus foliaires en deux groupes suivant la manière dont ils se comportent au cours du jaunissement : les uns, tels que l'azote, le phosphore, le potassium, disparaissent des feuilles, et ont été considérés comme émigrant vers les organes vivaces; les autres, parmi lesquels on place le calcium, le silicium, le soufre, semblent s'accumuler au contraire dans les feuilles à la fin de la période de végétation active.

Reprenant l'étude de la physiologie des arbres en automne, nous avons fait porter nos premières recherches sur un représentant considéré comme typique de chacun de ces groupes : l'azote d'une part, le calcium d'autre part.

L'un de nous a fait connaître antérieurement les résultats de ses recherches sur le sort des substances azotées [2]; nous allons résumer ici ceux auxquels nous ont conduits nos premières études sur le calcium.

Pour connaître les variations réelles que subissent les constituants des feuilles en automne, il faut que les résultats des dosages effectués sur les organes récoltés aux divers stades du jaunissement soient rapportés à un même nombre de feuilles comparables, ou bien à une même surface foliaire, la surface des feuilles n'éprouvant pas de variations en fin de végétation. Les variations déduites de l'examen des résultats rapportés à un poids déterminé de substance sèche ne sont qu'apparentes, le poids de la substance sèche d'une feuille variant lui-même d'une manière notable au cours du jaunissement.

Nous avons opéré sur des lots de tissus foliaires représentant des surfaces exactement égales pour les diverses récoltes effectuées sur une même espèce; chacun de ces lots était en effet constitué par un même nombre de rondelles de feuilles découpées à l'emporte-pièce.

---

(1) Séance du 14 juin 1926.

(2) R. Combes, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 2056; **182**, 1926, p. 984 et 1169.

La première récolte a été faite quand les feuilles étaient encore vertes, la seconde, au début du jaunissement, la dernière au début du brunissement.

Quelques-uns des résultats obtenus, correspondant, pour une espèce donnée, à une même surface foliaire, sont réunis dans le tableau ci-dessous. Les chiffres qu'il contient représentent, en milligrammes, les moyennes des quantités de substances trouvées dans plusieurs analyses. En outre des quantités absolues, y figurent également les teneurs de 100g de substance sèche en matières minérales et en calcium.

	Matières minérales.			Calcium.			Matières minérales p. 100.			Calcium pour 100.		
Feuilles...	vertes.	jaunes.	brunes.	vertes.	jaunes.	brunes.	vertes.	jaunes.	brunes.	vertes.	jaunes.	brunes.
Castanea..	114	71	62	27	20	15	4,68	4,44	4,55	1,21	1,26	1,12
Acer ps. pl.	247	173	165	55	41	39	14,10	14,10	14,14	3,17	3,32	3,38
Æsculus..	148	130	115	34	34	32	10,14	14,48	14,30	2,34	3,76	3,99
Acer pl....	159	138	130	38	34	28	11,70	12,32	13,93	2,80	3,08	3,03
Fagus....	121	106	98	25	21	20	8,67	8,71	9,58	1,81	1,76	1,98
Corylus...	129	127	146	35	38	42	7,24	8,73	10,44	1,94	2,63	3,03

L'ensemble de nos résultats nous a conduits aux constatations suivantes :

1° La substance sèche constituant les feuilles subit une diminution dans tous les cas; cette diminution varie, suivant les arbres considérés, de $\frac{4}{20}$ à $\frac{9}{20}$ de la substance initiale.

2° La variation réelle des substances minérales contenues dans les feuilles est une diminution dans cinq espèces sur six, la baisse variant entre $\frac{4}{20}$ et $\frac{9}{20}$ de la substance minérale initiale; dans un cas seulement, chez le *Corylus*, une légère augmentation est constatée. Dans la plupart des espèces étudiées, les feuilles éprouvent donc une perte de matières minérales pendant le jaunissement. Cette constatation est en contradiction avec les idées actuellement admises sur ce point : on considère qu'en règle générale il se produit dans les feuilles des plantes ligneuses, à la fin de la végétation, une augmentation des matières minérales.

Cette contradiction s'explique si, au lieu d'envisager les variations réelles qu'éprouvent les matières minérales, on examine les variations apparentes exprimées par les teneurs successives de 100g de substance sèche en matières minérales : chez quatre des espèces étudiées, la teneur en matière minérale augmente, elle reste à peu près constante dans les deux autres.

Des résultats précédents et des résultats obtenus par les auteurs peu nombreux qui ont indiqué les quantités absolues de substances trouvées dans leurs dosages, on peut conclure qu'il ne paraît pas exister de loi géné-

rale relative au mouvement des matières minérales dans les feuilles des arbres en automne; il peut y avoir appauvrissement ou au contraire enrichissement des feuilles suivant les espèces que l'on étudie.

3° Les mêmes constatations peuvent être faites si l'on considère le calcium en particulier. Contrairement à l'opinion actuellement admise, cet élément diminue dans les feuilles au cours du jaunissement chez toutes les plantes étudiées sauf une, le *Corylus*. Les résultats rapportés à 100^g de substance sèche indiquent au contraire, chez cinq de ces espèces, une variation apparente qui est une augmentation.

4° L'ensemble des matières organiques paraît, par contre, subir dans les feuilles en automne, une variation qui se présente toujours dans le même sens. Chez toutes les plantes étudiées ces substances éprouvent une diminution appréciable, variant entre $\frac{5}{20}$ et $\frac{9}{20}$ de la quantité initiale.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Contribution à l'étude des cires de fleurs : cire de Roses* (I). Note de M. **H. Prophète**, présentée par M. Moureu.

De toutes les cires végétales, celles provenant des fleurs ont été à peine étudiées. Quelques travaux sur la cire des fleurs de différentes variétés de Jasmin [*Jasminum grandiflorum* (1) et (2), *Jasminum odoratissimum* (3), du *Trifolium incarnatum* (4), du *Matricaria chamomilla* (5), de mimosa (6), d'œillet (7) et d'orange (8) sont, à notre connaissance, les seules données que nous possédons sur ce sujet.

Nous avons eu à notre disposition une petite quantité de cire de rose, provenant de la région de Grasse (9), obtenue par glaçage et filtrage de la solution alcoolique concrète.

---

(1) Radcliffe et Allen, *Journ. Soc. Chem. Industry*, 28, 1909, p. 227.

(2) Fargeaud, *Travail diplôme de chimiste*, 1925. *Institut de Chimie et de Technologie Clermont-Ferrand,* non publié.

(3) Tsachibaski et Tasaki, *Chem. Industry Tokio,* 21, 1918, p. 1117.

(4) Rogerson, *Chem. Soc. Londres*, 97, 1910, p. 1004.

(5) Power et Browning, *Chem. Soc. Londres*, 105, 1914, p. 1829 et 2280.

(6) Monnery, 1923, *dip. Inst. Ch. Techn. Clermont-Ferrand*, non publié.

(7) Guérin, 1923, *ibid.*, non publié.

(8) Moricet, 1924, *ibid.*, non publié.

(9) Maison Tombarel frères.

La cire de rose se présente sous forme d'une masse solide de couleur vert olive, opaque, très dure, fondant complètement au bloc Maquenne entre 55-58°,5, au tube capillaire à 61°. Point de solidification au tube 58°,5-59°,5. Teneur en eau et matières volatiles à 110° de 0,68 pour 100. Proportion de « non gras » 0,1 pour 100. Complètement soluble à froid dans le chloroforme, la benzine, le sulfure de carbone, l'éther de pétrole. Partiellement soluble dans l'éther, l'alcool et l'acide acétique même à chaud : la partie soluble est formée par les portions les plus fusibles qui renferment entre autres les composés non saturés.

Indice de saponification 29,8; indice d'iode 13; indice de Reichert-Meissl 1,35; indice de Hehner 97,4 pour 100; indice d'acétyle 31 [Méthode Lewkowitsch (1)], 31,9 (Méthode de Leys (2); indice d'acide 3,15; indice d'éther 26,55.

Tous ces nombres ont été déterminés sur la cire non débarrassée de l'eau et des matières volatiles qu'elle renferme. Ils indiquent que la cire de rose est constituée en majeure partie par de l'insaponifiable, mélangé à des acides gras presque complètement éthérifiés par des alcools supérieurs. Elle ne renferme qu'une faible proportion de produits non saturés et de composés volatils.

Nous croyons intéressant de comparer ces différentes constantes avec celles des autres cires signalées.

	I_s.	I_i.	$I_{R.-M.}$	I_H.	$I_{acétyle}$.	I_{acide}.
Cire de jasmin : Radcliffe.....	65,8	52-53	»	»	»	»
» Fargeaud....	67,1	52,6	1,1	98,4	27	2,6
Cire de mimosa............	67,9	25,2	0,85	98,1	34,8	5,5
Cire d'œillet...............	26,7	9,4	0,73	98,9	28,5	24,1
Cire d'orange..............	100,5	77,1	0,78	92,4	»	6,4
Cire de rose...............	29,8	13	1,35	97,4	31	3,15

Séparation des acides gras et de l'insaponifiable. — Après saponification par la potasse alcoolique, évaporation de la majeure partie de l'alcool et neutralisation de l'*excès d'alcali*, en vue d'éviter ultérieurement la formation d'une émulsion difficilement résoluble, la reprise de la masse par l'eau permet de séparer l'insaponifiable. De la solution on régénère à la façon habituelle les acides fixes par acidification chlorhydrique ou acétique et on les purifie par transformation en sels de chaux. Des eaux mères on extrait les acides solubles soit par le chloroforme, soit par la benzine.

Acides gras insolubles 17 pour 100; acides gras solubles 1,6 pour 100; insaponifiable 80,2 pour 100. Les méthodes de M. Leys (3) fournissent également de bons résultats.

---

(1) Lewkowitsch, *Huiles, graisses et cires*, 1, 3e édition, traduction française, p. 361.

(2) *Journal Pharmacie et Chimie*, 25, 1922, p. 49.

(3) *Journal Pharmacie et Chimie*, 5, 1912, p. 577, et 1, 1925, p. 417.

Insaponifiable. — P. F. au bloc Maquenne 54°; indice d'iode 8,6; indice d'acétyle 33,3. L'insaponifiable contient des sels de potassium d'acides alcools, des carbures et des alcools. Leur séparation a été faite par le traitement au mélange alcool amylique-acide chlorhydrique, d'après le mode opératoire de M. Leys (*loc. cit.*) : carbures 56,5 pour 100; alcools 20,2 pour 100; acides alcools 3,2 pour 100.

Acides gras. — 1° *Acides insolubles.* — Les acides séparés de l'insaponifiable, comme il est dit ci-dessus, fondent à 56°-57°, possèdent un indice d'iode de 32, un indice de neutralisation de 129. Ils rancissent à l'air en donnant des oxyacides insolubles dans l'éther de pétrole; après un séjour de 6 mois, par exemple, dans un flacon bouché, 8 pour 100 des acides ont été oxydés. La séparation des acides saturés et des acides non saturés ne peut être effectuée ni par la méthode classique aux sels de plomb, ni par le procédé de M. Leys aux sels de cuivre (*loc. cit.*). Nous n'avons pu obtenir les acides saturés à l'état de pureté. Les produits les plus purs isolés avaient encore un indice d'iode de 4,7.

2° *Acides solubles.* — Ces acides forment une masse gluante, odorante, fondant à 57°-59°. La petite quantité que nous avons pu isoler ne nous a pas permis d'en déterminer les principaux indices.

CRYPTOGAMIE. — *Sur le développement des spores d'une Floridée endophyte :* Colaconema Bonnemaisoniæ, *Batt.* Note [1] de M. E. **Chemin**, présentée par M. L. Mangin.

A.-L. Batters [2] a signalé sur *Bonnemaisonia asparagoides* (Woodw.) Ag. une petite Floridée dont il a fait le type de son genre *Colaconema.* Je l'ai observée sur la plupart des individus de *Bonnemaisonia* ramenés par dragage aux environs de Roscoff pendant l'été de 1925. Si elle n'avait pas été remarquée jusqu'ici en cette station cela tient vraisemblablement à sa petite taille et à ce qu'elle se confond par la couleur avec son support.

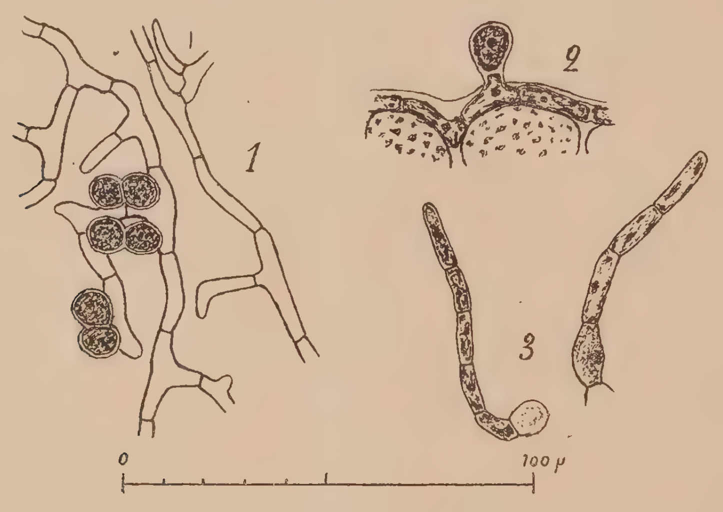
Les figures 1 et 2 donnent une indication de la forme, de la structure et du mode de vie. Des filaments longs, ondulés, ramifiés, de 3 à 5μ de diamètre rampent à la sur-

---

(1) Séance du 14 juin 1926.

(2) A.-L. Batters, *Some new british marine Algae* (*The Journ. of Bot.*, 34, 1896, p. 8).

face de l'hôte. Ils sont formés d'une file de cellules 5 à 10 fois plus longues que larges émettant assez souvent un prolongement latéral, point de départ d'une ramification. Les chromatophores forment de larges plaques pariétales qui se distinguent facilement des chromatophores en petites plaquettes isolées des cellules de *Bonnemaisonia*. Les filaments sont inclus dans la membrane externe de l'hôte; en raison des inégalités de la surface ils en sortent parfois pour y rentrer un peu plus loin; exceptionnellement ils s'enfoncent dans la lamelle moyenne des cellules corticales sans jamais pénétrer à l'intérieur de ces cellules. C'est donc un endophyte comme l'a vu Batters, il ne paraît exercer aucune action sur son hôte.



Colaconema Bonnemaisoniæ. — 1, Filaments avec quelques sporanges vus de face; 2, coupe transversale avec un sporange en formation; 3, deux germinations âgées de 10 jours.

Les sporanges sont fréquents; ils sont généralement groupés formant des taches rouge sombre; leur diamètre moyen est de 10^{μ}; ils ne sont jamais segmentés; ce sont des monosporanges.

Des fragments de *Bonnemaisonia*, porteurs de *Colaconema*, placés dans un cristallisoir avec de l'eau de mer sur des lames de verre, laissent échapper des spores qui se fixent d'autant mieux qu'on a pris le soin de paraffiner les lames. Ces spores germent aussitôt après leur sortie et donnent un filament dans lequel tout le contenu de la spore se répand. Le filament se segmente et, vers le dixième jour, on peut compter de 4 à 5 cellules; de la spore initiale il ne reste plus que l'enveloppe parfois détruite (*fig*. 3). Le filament continue à s'allonger, à se segmenter, et des ramifications apparaissent. Au bout de 18 jours il peut comprendre une quinzaine de cellules parmi lesquelles des cellules renflées plus colorées apparaissent sur les côtés comme des monosporanges en formation. Après six semaines

les cultures étaient encore vivantes; les filaments n'étaient pas sensiblement plus longs, car, si de nouvelles cellules se formaient à un bout, à l'autre bout les cellules anciennes mouraient et se désorganisaient, les monosporanges n'avaient pas continué leur évolution. Le mode de germination rentre donc dans le « type filamenteux » ou keimschlauchtypus de Kylin, ce qui peut justifier la position systématique du genre *Colaconema* dans la famille des *Helminthocladiaceæ*.

Si je n'ai pas obtenu, ce qui était mon but principal, une évolution complète de la plante il est intéressant de noter que cette Algue endophyte peut germer en dehors de son hôte habituel et vivre pendant quelque temps d'une vie indépendante, ce que je n'avais pas obtenu avec *Colaconema reticulatum* (1). La masse formée au bout de 20 jours peut être évaluée à plus de 10 fois la masse initiale. Le même fait peut s'observer d'ailleurs chez d'autres Algues considérées comme parasites. C. Sauvageau (2) a figuré des germinations de *Polysiphonia fastigiata* obtenues en cellules ou sur lames où la masse formée pouvait atteindre 40 fois la masse initiale ; j'en ai moi-même obtenu de semblables.

Chez les Phanérogames parasites il existe souvent une phase libre au début de la germination ; dans ce cas le premier développement se fait aux dépens des réserves de la graine et l'absorption d'eau est nécessitée uniquement par la récupération de l'eau perdue lors de la maturation. Chez les Algues les spores ne subissent pas une dessiccation préalable et si le protoplasme y est condensé il est impossible qu'il le soit à un degré suffisant pour décupler et davantage la masse primitive sans apport d'éléments nutritifs. On doit donc admettre que la croissance, au moins au début, se fait aux dépens de l'eau de mer. Si elle peut se poursuivre dans ces conditions pendant plusieurs semaines, serait-elle impossible par la suite ? Il est difficile de l'admettre d'autant plus que rien ne permet d'affirmer l'existence d'un effet de succion du prétendu parasite sur son hôte. Si la croissance s'arrête au bout d'un certain temps, c'est que l'adhérence au verre n'est pas suffisante et que le support manque. N'est-ce pas le cas de la grande majorité des Algues qui cessent de prospérer dès qu'elles sont détachées ?

---

(1) E. Chemin, *Sur une Floridée endophyte :* Colaconema reticulatum *Batt.* (*Comptes rendus*, 182, 1926, p. 982).

(2) C. Sauvageau, *Observations biologiques sur le* Polysiphonia fastigiata *Grev.* (*Rec. des trav. bot. néerlandais*, 18, 1921, p. 213).

PHYSIOLOGIE. — *Les vitamines hydro-solubles B contenues dans la levure de bière existent-elles préalablement dans le milieu de culture?* Note de Mme L. **Randoin** et M. R. **Lecoq**, présentée par M. Pierre Viala.

Nous avons montré (¹) que la levure de bière et les extraits de levure de bière ont, en ce qui concerne leur teneur en vitamines B, une valeur supérieure à celle d'autres *Saccharomyces* et d'autres extraits de levure d'origine différente. L'extrait de levure de bière employé agissait comme s'il renfermait abondamment deux facteurs B distincts : un facteur d'entretien (ou de fonctionnement) et un facteur essentiellement curatif de la polynévrite.

Nous avons voulu savoir si, à cette richesse en vitamines B de certaines levures, correspondait une richesse analogue des milieux sur lesquels les levures sont cultivées.

Technique. — Nous avons soumis à l'épreuve de réactifs-animaux (Pigeons adultes et jeunes Rats) très sensibles à l'avitaminose B : 1° une levure basse (*Saccharomyces cerevisiæ*) séchée à l'étuve à 50°, ayant été cultivée sur un moût de bière exclusivement préparé avec du malt (orge germée séchée et privée de sa radicule) et avec du houblon; 2° du *houblon* desséché; 3° de l'*extrait de malt* sec, qui renferme tous les principes solubles du malt existant dans le moût de bière.

Pour la recherhe des vitamines B dans la *levure de bière* et le *houblon*, nous avons employé les régimes artificiels (*uniquement privés des facteurs B*) de L. Randoin et H. Simonnet, mais légèrement modifiés.

	Fibrine.	Caséine.	Albumine d'œuf.	Graisse de beurre.	Dextrine blonde.	Sels.	Papier filtre et agar-agar.
Pigeon.......	5	6	5	4	66	4	10
Rat..........	6	6	6	10	68	4	à volonté

Avec plusieurs lots d'animaux, nous avons fait les essais suivants :

I. Essai-témoin avec régime sans vitamines B, a base de dextrine (*fig.* 2).

II. *Essai avec addition de levure de bière sèche* (5 *pour* 100) *à ce régime* (*fig.* 1).

III. *Essai avec addition de houblon sec* (5 *pour* 100) *au même régime* (*fig.* 3).

En ce qui concerne l'*extrait de malt sec*, — dont l'analyse chimique nous a donné les résultats suivants : matières azotées, 4,3; matières grasses, 0,08; **dextrine, 17,2; maltose, 74,9**; cendres, 1,3; eau, 2,0 — nous avons constitué des régimes de même composition centésimale que les régimes-témoins, mais dans lesquels l'extrait de malt remplaçait la totalité de la dextrine.

(¹) Mme L. Randoin et R. Lecoq, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1408.

Fig. 1.

N° 463 — 1gr Levure sèche
N° 462 — Régime avitaminé — CRISES — + 1gr Levure sèche
N° 463 — 1gr. Levure sèche
N° 462 — Régime avitaminé — CRISES — + 1gr. Levure sèche

Température 42° 41° — Grammes 400 350

Jours 10 20 30 40 50 60 90

Essai préventif et curatif
Levure de Bière

Fig. 2.

N° 433 — N° 425 — N° 433 — N° 425

Température 42° 41° — Grammes 400 350 300

Dextrine seule

Jours 10 20 30

Régime avitaminé

Pigeons

Fig. 3.

N° 410 — N° 409 — cr. — N° 410 — N° 409

Température 42° 41° — Grammes 450 400 350

Essai préventif

Jours 10 30

Dextrine et Houblon

Fig. 4.

N° 411 — Extrait de Malt — Maltose-Dextrine — E. de Levure — E. de Malt — Maltose-Dextrine — cr.
N° 412 — Extrait de Malt — Maltose-Dextrine — cr. — Extrait de Malt
N° 411 — Extrait de Malt — Maltose-Dextrine — E. de Levure — Extrait de Malt — Maltose-Dextrine
N° 412 — Extrait de Malt — Maltose-Dextrine — CRISES — Extrait de Malt

Température 42° 41° — Grammes 450 420 450 400

Essai préventif et curatif

Jours 10 20 30 40 50 60 70 90

Extrait de Malt

Fig. 5.

N° 413 — Extrait de Malt et Houblon
N° 414 — E. de Malt et Houblon — Dextrine et Houblon
N° 413 — Extrait de Malt et Houblon
N° 414 — E. de Malt et Houblon — Dextrine et Houblon

Température 42° 41° — Grammes 350 350

Essai préventif

Jours 10 20 30 40 50 60 70 90

Extrait de Malt et Houblon

IV. *Essai préventif et curatif avec régime à base d'extrait de malt sec* (*fig.* 4).

V. *Emploi momentané d'un régime renfermant les glucides de l'extrait de malt* (*maltose + dextrine*), *mais dépourvus des facteurs B* (*fig.* 4).

VI. *Essai avec régime à base d'extrait de malt + 5 pour 100 de houblon sec* (*fig.* 5).

Nous donnons ici des courbes de poids et de température concernant les Pigeons, lesquels ont reçu chaque jour, *par gavage*, 20^g de ration. Avec nos expériences sur les Rats, nous avons obtenu d'ailleurs des résultats absolument comparables.

Conclusions. — I. La levure de bière cultivée sur extrait de malt houblonné renferme en abondance les vitamines hydro-solubles B qui contribuent à assurer l'entretien et la croissance des animaux et qui préviennent et guérissent les crises de polynévrite (*fig.* 1).

II. Le houblon ne possède pas ces propriétés physiologiques (*fig.* 3 et 5).

III. Mais l'extrait de malt, utilisé dans le régime à la fois comme source de glucides et comme source exclusive de vitamines B, présente ces propriétés à un haut degré. Contrairement aux autres matières sucrées employées, il apporte avec lui la quantité de vitamines nécessaire à l'utilisation des glucides qu'il renferme (92 pour 100) (*fig.* 4 et 5).

IV. Les vitamines hydro-solubles B contenues dans la levure de bière existent bien préalablement dans le milieu de culture (malt).

PHYSIOLOGIE. — *Pigments cellulaires et actions physico-chimiques.* Note [1] de M. **Jules Amar**, présentée par M. d'Arsonval.

On a montré que le pigment vert des feuilles ne réalise toutes ses propriétés biologiques que sous l'influence des radiations peu réfrangibles. A l'égard des *autres*, il est un écran protecteur qui permet les opérations vitales [2]. Ces autres radiations, la chlorophylle ne les subit jamais sans être altérée. On peut comparer cette altération aux effets des agents physico-chimiques suivants.

1° *Actions salines.* — Une solution alcoolique de chlorophylle, d'un beau vert émeraude, est versée dans dix tubes à essais où l'on ajoute, par petites quantités :

Glucose (1), *éther* (2), *hyposulfite de soude* (3), *eau distillée* (4), *hypochlo-*

---

(1) Séance du 14 juin 1926.

(2) Jules Amar, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1353.

rite de chaux (5); *chlorures de sodium* (6), *potassium* (7), *calcium* (8); *carbonates de sodium* (9) et *de potassium* (10).

De tous ces mélanges, *seule la solution à l'hypochlorite de chaux s'est décolorée* (tube 5). Elle devient d'abord couleur de feuille-morte, très pâle, *chlorotique*, puis un dépôt jaunâtre se forme qui laisse surnager un liquide clair. Dans tous les autres tubes, la solution *brunit*, le pigment est altéré comme sous l'influence des radiations très réfrangibles.

Prenons maintenant la liqueur chlorophyllienne et faisons-la évaporer pour chasser tout l'alcool, que nous remplaçons par de l'eau. Cette liqueur aqueuse est versée dans deux tubes où, avec un peu d'hypochlorite de chaux, on mélange ici de *l'acide oxalique*, là de *l'acide tartrique*. La décoloration a lieu, mais plus nette, plus rapide, en présence de cet acide tartrique.

Or les deux acides en question sont des *réducteurs* et par eux-mêmes décolorent quelque peu le pigment. Le renforcement qu'ils apportent à l'action de l'hypochlorite s'explique de la sorte, et aussi parce qu'ils libèrent *l'ion chlore*.

Nous retiendrons donc que *l'ion chlore, qui est oxydant, détruit la couleur du pigment vert des plantes*. D'ailleurs, une solution alcoolique de chlorophylle se décolore en s'oxydant. Une feuille verte, chauffée au point où l'assimilation chlorophyllienne s'arrête, absorbera encore un peu d'oxygène et se décolorera. Enfin les radiations les plus réfrangibles, employées à grande intensité, ont ce même pouvoir décolorant sur les organes végétaux verts, d'après Würmser (1925-1926).

Or, nous savons que l'ultraviolet *oxyde* la teinture de Gayac, tandis que le rouge la réduit (Vogel). Il s'ensuit que *l'action décolorante s'exerce par un processus* d'oxydation, qu'il soit photo-chimique, ou, en général, physico-chimique.

2° *Actions physico-chimiques.* — Précisons davantage ce dernier point. Il a été établi, antérieurement [1], que les feuilles vertes traitées à l'alcool se *déshydratent;* et alors elles *brunissent* et deviennent cassantes. Ce phénomène consiste en une altération des micelles par plasmolyse.

Traitons, au contraire, une liqueur aqueuse de chlorophylle par la *solution sodique Amar* [2]. Le mélange sera uniformément vert, et homogène. Ce serait exactement l'opposé, et analogue à l'effet de l'alcool, si l'on

---

(1) Jules Amar, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 465.

(2) Concentration 8 pour 1000, dont 3 et 3 de phosphate et bicarbonate de soude, 2 de chlorure (*Comptes rendus*, 179, 1924, p. 216).

ajoutait du *chlorure de calcium*, sel coagulant, déshydratant. L'état normal, physiologique, du pigment cellulaire exige, par conséquent, l'absence de tout facteur coagulant du cytoplasma, ou brutalement oxydant.

Acides, graisses, anesthésiques altèrent non moins le pigment. Mais, dans la solution Amar, il se diffuse à merveille et reste vert. Chose curieuse, si l'on tient à la main le tube, les particules vertes auront une animation, une circulation pareilles à ce qui se voit sur le cytoplasma de *Tradescantia*. La chaleur de la main en est la cause. Laissant reposer, le mouvement s'arrête, pour reprendre en réchauffant le tube à la main. L'arrêt eût été définitif après addition d'une trace de *chlorure de calcium*.

Au lieu de ce sel, introduisons de l'hypochlorite de chaux : les particules de pigment se décolorent après s'être *étalées en minces membranes*. Ce même aspect furfuracé s'obtient par la dialyse : très peu de pigment passe dans un excès d'eau, et l'on aperçoit, à l'éclairage latéral, les petites membranes toutes orientées verticalement, et jaunies. Ce sont là des actions osmotiques (hypotonie) et capillaires.

Une dernière expérience nous retiendra davantage. Dans une solution alcoolique ou aqueuse de chlorophylle, le *courant* de deux piles Leclanché n'a point modifié la couleur; elle est demeurée uniformément verte. Par contre, électrolysons un mélange d'ovalbumine et de chlorophylle : le colloïde ira à l'anode entraînant le pigment. A la cathode, la liqueur sera jaune pâle, diluée dans l'eau.

La pigmentation, plus marquée au pôle positif, résulte de la rétraction de la matière vivante vers ce pôle. Cette matière, ou, en général, *le cytoplasma est le support nécessaire du pigment*; ils circulent ensemble, celui-ci fixé, *adsorbé* sur celui-là.

Le même phénomène se manifeste quand on remplace l'ovalbumine par un empois d'amidon à 5 pour 100, ou le pigment biologique par le violet de gentiane.

L'adsorption du pigment au colloïde est donc le trait fondamental de la pigmentation; c'est une *teinture cytoplasmique*. Ce n'est pas la chlorophylle qui s'oriente vers la lumière, mais les micelles qui en sont impregnées. L'assimilation chlorophyllienne est par là favorisée; elle n'est point la cause de l'orientation pigmentaire.

Conclusions. — La vie d'un grain de chlorophylle est conditionnée par son équilibre osmotique et capillaire, parce que, en définitive, il est une particule cytoplasmique pigmentée. Le pigment est un produit du métabolisme cellulaire, produit de défense, de protection, lié au sort de la

matière vivante. Il s'évade des vacuoles acides et des foyers d'oxydation intense, comme les cellules sécrétrices ou les zones nucléaires; effectivement, on ne l'y rencontre jamais. Il est adsorbé aux micelles et en suit le déplacement. De sorte que l'assimilation chlorophyllienne est une opération cytoplasmique exclusive du noyau.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur quelques influences physiques et chimiques dans l'hémolyse par les immunsérums hémolytiques.* Note de M. **Maurice Piettre**, transmise par M. Matignon.

Continuant nos recherches antérieures sur les localisations chimiques des diverses classes d'anticorps dans les immunsérums, nous avons montré dans une Note récente (1), que l'hémolysine accompagne presque quantitativement la sérumalbumine isolée par la méthode à l'acétone.

Nous nous proposons aujourd'hui, avec la collaboration de M. A. Chrétien, de préciser quelques points relatifs aux conditions physiques et chimiques dans lesquelles se produit l'hémolyse.

I. Déjà en 1909, nous avions établi avec M. A. Vila que l'hémolyse dépend très étroitement des *électrolytes* utilisés pour réaliser l'isotonie globulaire.

Des sérums de lapin, directement hémolytiques pour les globules de cheval, provoquaient la lyse des hématies de ce dernier animal en milieu chloruré sodique (8,5 pour 1000 de $NaCl$), mais restaient inactifs en milieu sulfaté sodique (5 pour 100 de SO^4K^2), ainsi d'ailleurs qu'en liqueur sucrée (7,8 pour 100 de saccharose).

Des constatations analogues viennent d'être faites avec un sérum équin, chauffé à 56°, hémolytique pour les globules de mouton.

L'hémolyse positive, dans les conditions classiques, en milieu chloruré sodique, est négative en liqueurs sulfatée sodique ou sucrée quelles que soient les proportions de sérum et d'alexine.

En liqueur iodurée (25,53 pour 1000 de KI), la réaction hémolytique exige environ cinq fois plus d'alexine qu'en milieu salé.

En solution bromurée (18,31 pour 1000 de KBr), il faut augmenter à la fois les quantités de sérum et d'alexine.

L'action des *alcalis* favorise d'abord l'hémolyse pour l'empêcher ensuite.

(1) M. Piettre, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1051.

Dans une série de tubes contenant 10^{cm^3} de suspension globulaire, si l'on répartit, avant addition de sensibilisatrice et d'alexine, respectivement 0,1; 0,15; 0,2; 0,25; ...; $0^{cm^3},55$ de $\frac{NaOH}{10}$, l'hémolyse se produit dans le même laps de temps que pour les tubes témoins, puis avec un maximum de rapidité aux environs de $1^{cm^3},5$ de $\frac{NaOH}{10}$; elle se ralentit ensuite et cesse pour une teneur de $0^{cm^3},3$ de $\frac{NaOH}{10}$. Cependant la sensibilisatrice s'est bien fixée sur les globules, et l'alexine ne semble pas avoir été touchée.

L'influence des *acides*, moins nette, exige de nouvelles expériences.

II. Nos recherches ont surtout porté sur la formation du *complexe antigène-anticorps*, première phase de la réaction hémolytique.

La sensibilisatrice ou anticorps se fixe non seulement sur le stroma globulaire lié à l'hémoglobine, suivant la notion classique, mais encore sur le stroma rendu libre artificiellement. Nous préparons les stromas d'après la technique suivante : 4^{cm^3} de suspension globulaire sont étendus de 10^{cm^3} d'eau distillée saturée d'éther; après avoir déterminé sur 1^{cm^3} de ce mélange la quantité de $\frac{HCl}{100}$ nécessaire à la bonne précipitation des stromas ($0^{cm^3},50$ en moyenne), on ajoute au reste le volume de $\frac{HCl}{10}$ calculé. Les stromas, avec leur forme histologique, précipitent; ils sont centrifugés et lavés deux ou trois fois à l'eau distillée. Remis alors en suspension dans la solution physiologique, ces stromas fixent la sensibilisatrice au même titre que les globules.

La fixation de l'hémolysine est indépendante de la forme histologique; elle a lieu sur le précipité protéinique qu'on obtient après dissolution des stromas dans des solutions étendues de $\frac{NaOH}{10}$, puis neutralisation par $\frac{HCl}{10}$, centrifugation, lavage et remise en suspension dans la solution physiologique salée.

La formation du complexe antigène-anticorps semble donc se rapprocher beaucoup plus d'une combinaison chimique que d'un simple phénomène physique d'adsorption, comme l'indiquent les faits suivants.

La fixation de l'hémolysine a lieu d'une façon spécifique sur les globules qui ont servi d'antigène. L'hémolysine anti-mouton mise au contact de globules de bœuf, de porc, reste libre dans le liquide sans mettre en jeu les forces physiques d'adhésion, d'adsorption, etc.

Comme dans les combinaisons chimiques, sensibilisatrice et antigène

s'unissent dans les mêmes proportions, toutes autres conditions étant égales d'ailleurs ; un poids insuffisant de stromas ne fixe qu'une partie de la sensibilisatrice en excès. Le dosage exact des deux éléments est facilement vérifié par centrifugation ; la liqueur isolée se montre inactive vis-à-vis de nouveaux globules additionnés d'alexine.

La combinaison sensibilisatrice-antigène est obtenue également avec la sérumalbumine hémolytique, éliminant ainsi les phénomènes physiques qui pourraient être attribués au sérum total, milieu colloïdal complexe.

Les conditions du milieu : teneur en $\frac{\mathrm{NaOH}}{10}$ allant jusqu'à 5 et même 6 pour 100, en acide $\frac{\mathrm{HCl}}{100}$ jusqu'à 1,8 pour 100, en NaCl jusqu'à 9^{g} pour 100, n'empêchent pas la combinaison sensibilisatrice-antigène. Une fois formée, elle n'a pu être dissociée.

Conclusion. — Ces expériences nous ont conduit à rapprocher désormais les phénomènes biologiques de cet ordre des réactions de la chimie, mais d'une chimie spéciale en raison de l'extrême complexité de la constitution moléculaire des protéines et dont il reste à chercher et à fixer les lois.

Les premières tentatives théoriques dans cette voie ont été faites par Erhlich, puis par Arrhenius et Madsen, assimilant la neutralisation de la toxine tétanique par son antitoxine à une neutralisation chimique combattue par Bordet. Elles pourraient être reprises, sans doute avec plus de certitude, en utilisant non plus les sérums anti en nature, mais la fraction protéinique, à laquelle sont liés les anticorps, isolée par le traitement à l'acétone.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Différenciations spontanées et provoquées dans les glandes génitales chez les Gallinacés.* Note (¹) de M. **J. Benoit**, présentée par M. Widal.

Les cellules, autres que les ovocytes, qui contribuent à l'édification de l'ovaire de la Poule et qui proviennent de l'épithélium cœlomique, subissent, au cours de l'organogenèse de l'ovaire, des différenciations variées. Les unes évoluent en cellules folliculeuses, d'autres en cellules interstitielles, d'autres enfin, éléments vestigiaires des cordons médullaires, se répartissent dans le stroma interfolliculaire ou dans les thèques. Mais les diffé-

---

(¹) Séance du 14 juin 1926.

renciations de ces divers éléments cellulaires ne sont pas toujours définitivement acquises. Lorsque, pour une raison quelconque, naturelle ou expérimentale, le nombre des ovocytes diminue considérablement jusqu'à tomber à zéro, ces différenciations sont susceptibles de subir des modifications profondes : J'ai constaté (observation inédite), dans un vieil ovaire dépourvu d'ovocytes, la transformation de cellules folliculeuses en éléments sertoliens identiques à ceux d'un testicule devenu spermatogène. D'autre part, dans des régénérats et des greffons ovariens où les ovocytes diminuent progressivement de nombre et même disparaissent complètement, j'ai observé que les cellules interstitielles riches en graisse (*Luteal cells* de Pearl et Boring) perdaient leurs enclaves lipoïdiques, et acquéraient une structure analogue à celle des cellules interstitielles d'un testicule normal. Enfin, dans les mêmes conditions expérimentales, j'ai vu les vestiges des cordons médullaires plus haut cités se transformer en cordons cellulaires « d'aspect mâle » et en tubes d'aspect sertolien (1). Ces cordons et tubes « mâles » peuvent également naître d'une néoprolifération de l'épithélium superficiel de l'ovaire [Caridroit et Pezard (1925), Greenwood (1925), Benoît (1926)]. Par conséquent, lors de la disparition progressive des ovocytes, certains éléments de l'ovaire subissent des modifications telles que l'organe devient structuralement semblable à un testicule qui aurait perdu lui aussi ses cellules séminales.

Je crois que l'on peut tenter d'interpréter ces faits en faisant appel aux notions, introduites en embryologie causale par W. Roux et Brachet, de « différenciations spontanées » et de « différenciations provoquées », selon les expressions de ce dernier auteur (2). Tout semble en effet se passer comme si les ovocytes en croissance déterminaient, tant qu'ils sont présents en nombre suffisant dans l'ovaire, la différenciation des éléments cellulaires ovariens originaires de l'épithélium germinatif. Les ovocytes « provoqueraient » la différenciation de ces derniers en cellules folliculeuses, en cellules interstitielles et en cellules des vestiges des cordons médullaires. Que les ovocytes viennent à disparaître, et celles d'entre ces cellules qui seront susceptibles de modifier leur différenciation se transformeront et prendront le type structural qui correspondra alors à leur diffé-

(1) J. Benoit, *C. R. Soc. Biol.*, 94, 1926, p. 875.

(2) Les différenciations spontanées, écrit Brachet, « reconnaissent des causes et des conditions intrinsèques ». Les différenciations provoquées au contraire « ne peuvent se produire que sous l'influence d'excitations venues d'ailleurs ». (Cf. Brachet, *C. R. Soc. Biol.*, 77, 1914, p. 557.)

renciation spontanée. Or nous avons vu que certaines des cellules en question donnent naissance dans ces conditions à des formations histologiques d'aspect mâle. J'admettrais donc que ces formations se développeraient *par différenciation spontanée* aux dépens d'éléments qui auraient perdu, grâce à la disparition des ovocytes, leur différenciation provoquée.

Mais cette remarquable similitude qui s'établit entre l'ovaire transformé en une glande d'aspect mâle et le testicule devenu aspermatogène, m'amène à appliquer au cas de la glande génitale mâle la précédente manière de voir, et à concevoir le développement et l'évolution des glandes génitales mâle et femelle des Gallinacés sous la forme de *l'hypothèse de travail* suivante :

Les cellules, autres que les cellules reproductrices, qui proviennent des proliférations de l'épithélium germinatif tendraient normalement à constituer par différenciation spontanée, si les cellules germinatives étaient absentes, des formations semblables dans les glandes génitales mâle et femelle. Ces formations seraient représentées, d'une part, par des cordons et des tubes formés de petites cellules épithéliales pareilles à celles du testicule embryonnaire, ou d'éléments plus évolués, sertoliformes; et, d'autre part, par des cellules interstitielles. Mais la présence des cellules germinatives modifierait la différenciation de ces éléments. Dans le testicule, les éléments d'origine épithéliale cœlomique susnommés ne subiraient, sous l'influence des cellules séminales, que des modifications légères ou nulles. Dans l'ovaire au contraire ils présenteraient, conditionnées par les ovocytes, des « différenciations provoquées » importantes, celles que nous avons indiquées plus haut.

Parallèlement à cette unification de structure histologique des glandes génitales mâle et femelle déshabitées de leurs cellules reproductrices, on observe que les sujets possesseurs de tels organes tendent à présenter les mêmes caractères sexuels secondaires. Chez une Poulette castrée incomplètement à 2 mois et tuée à 1 an 5 mois, j'ai trouvé à l'autopsie un ovaire régénéré dépourvu d'ovocytes et de follicules, et renfermant des cordons d'aspect sexuel mâle embryonnaire, des tubes sertoliformes et des cellules interstitielles. L'animal avait un plumage de Coq, une crête très développée et bien droite. Pézard a décrit en 1925 le cas, plus démonstratif encore, d'une Poule gynandromorphe, dont les glandes génitales contenaient, outre des éléments folliculaires, des cordons d'aspect sexuel mâle embryonnaire et des cellules interstitielles, et qui présentait tous les caractères sexuels du mâle : la crête bien développée, l'instinct sexuel et le

chant. Tichomiroff (1888) et Brandt (1889) ont fait, en ce qui concerne la crête et le chant, des observations analogues. Il semble donc que les glandes sexuelles mâle et femelle, dépourvues de leurs cellules germinatives et devenues structuralement homologues, acquièrent, en même temps qu'une différenciation histologique semblable, une même différenciation physiologique. Leur action hormonique conditionnerait, dans l'un et l'autre sexe, le développement des mêmes caractères sexuels secondaires, qui se trouvent être ceux du Coq.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur un procédé spectrophotométrique d'étude de l'hémolyse*. Note de M. **René Fabre**, présentée par M. Léon Guignard.

Au cours de recherches entreprises sur l'hémolyse provoquée par différents facteurs (physiques, chimiques ou biologiques), il nous a paru intéressant de suivre la marche du phénomène, en dosant la quantité d'hémoglobine entrée en solution, aux différents stades de l'action hémolytique. Cette détermination est fort utile, car elle renseigne sur la rapidité et l'allure du phénomène.

Effectuant des essais en séries sur les hématies de nombreuses espèces animales, nous avons songé à substituer au dosage du fer de l'oxyhémoglobine, particulièrement long et délicat, un dosage de la matière colorante entrée en solution, par spectrophotométrie, méthode beaucoup plus sensible que la méthode de comparaison colorimétrique.

La technique utilisée est basée sur les considérations suivantes :

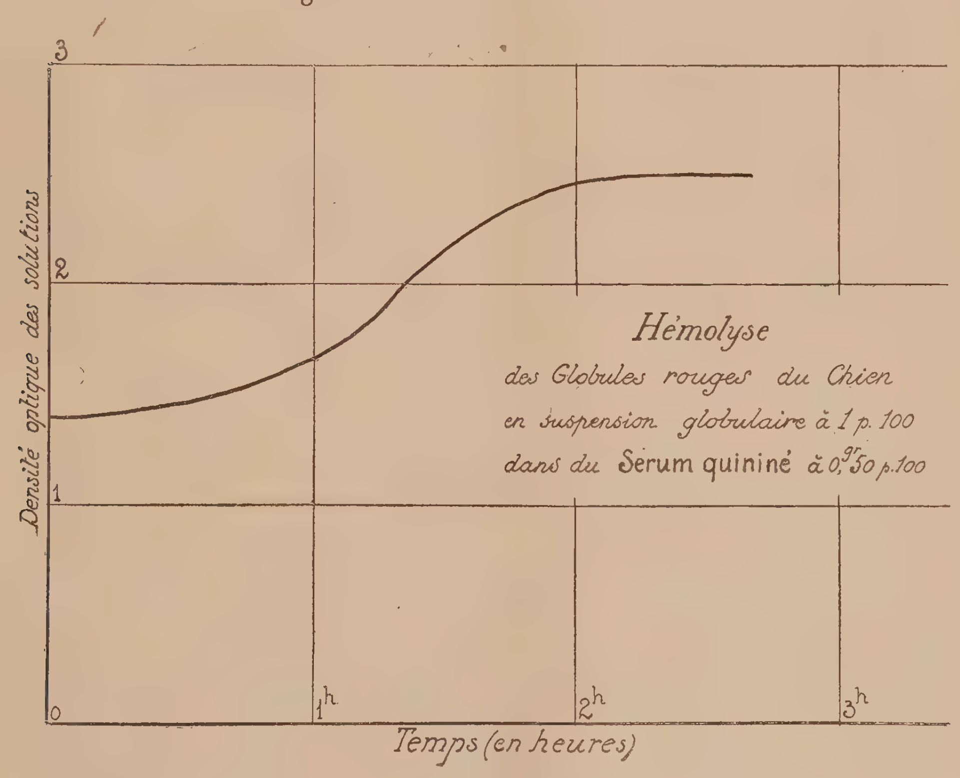
Si, au moyen du spectrophotomètre de Yvon, on détermine la densité optique d'une solution d'oxyhémoglobine, pour une radiation de longueur d'onde déterminée, par exemple celle correspondant au maximum d'absorption ($\lambda = 5769$ U. Å.) d'une des bandes de ce pigment, on constate qu'en faisant varier la dilution de la liqueur, les points obtenus pour la valeur de cette densité optique se placent sur une droite. On observe, en somme, une variation linéaire de celle-ci en fonction de la concentration.

D'autre part, comme les conditions de dilution varient dans de faibles limites au cours de l'expérience, on n'a pas à redouter un déplacement appréciable de bandes de l'oxyhémoglobine. Enfin, des mesures spectrophotométriques sur des solutions témoins prouvent que l'oxyhémoglobine n'est pas altérée au cours de l'expérience.

Si donc on veut suivre la marche d'une hémolyse sous l'influence d'un facteur déterminé, il suffit de prélever des volumes égaux de liquide à examiner, à des temps donnés, de les centrifuger dans les mêmes conditions, et de déterminer au spectrophotomètre la densité optique des solutions limpides ainsi obtenues.

Nous donnerons comme exemple celui qui est fourni par l'hémolyse de globules rouges de chien, mis en suspension à 1 pour 100 dans du sérum isotonique additionné de $0^{g},50$ pour 100 de chlorhydrate basique de quinine.

Pour préparer les hématies de chien, le sang est défribriné dès le prélèvement, puis les globules rouges sont séparés par centrifugation; ils sont ensuite lavés au moyen de sérum de Ringer à trois reprises, et mis finalement en suspension dans ce liquide à une dilution identique à celle où ils se trouvent dans le sang considéré.



Notons en outre qu'il convient d'effectuer les mesures sur des suspensions de globules frais, en raison de l'altération des hématies, entraînant des variations dans le phénomène de l'hémolyse. Celle-ci conserve en

général la même allure, mais les résultats obtenus avec des globules d'ancienneté différente ne sont plus comparables.

Sérum physiologique additionné de $0^{g},50$ pour 100 de chlorhydrate de quinine :

Temps.	Densité optique.
h m	
0. 4	1,36
0.13	1,40
0.23	1,48
1.00	1,70
1.20	2,01
1.35	2,31
1.55	2,43
2.10	2,46
2.30	2,46

Parallèlement, une dilution du même sang a été effectuée dans des conditions identiques, dans de l'eau distillée. L'hémolyse a été immédiate, et la densité optique trouvée, 2,46, est la même que celle observée à la fin de l'action de la quinine.

L'examen de cette courbe montre que l'hémolyse n'est véritablement active qu'au bout d'un certain temps; elle se poursuit dès lors rapidement, pour se ralentir notablement à la fin de l'expérience.

Ce mode d'observation nous a été fort utile dans l'étude de diverses sortes d'hémolyses, pour des globules d'animaux différents.

PROTISTOLOGIE. — *Microsporidies parasites de* Mysis (*Crust. Schizopodes*). Note de MM. **L. Mercier** et **Raymond Poisson**, présentée par M. F. Mesnil.

En août 1925, nous avons recueilli un lot important de *Mysis spiritus* Norm., au cours d'une excursion, à marée basse, aux environs de Luc-sur-Mer. De nombreux exemplaires de ces Crustacés présentaient une teinte d'un blanc porcelané; nous avons reconnu qu'ils étaient parasités par une Microsporidie. Celle-ci avait envahi la totalité des faisceaux musculaires. L'étude de coupes et de frottis, après fixation au Schaudinn et au Bouin-Duboscq, nous a permis d'observer différents stades de schizogonie et de sporogonie. Les sporontes isolés donnent naissance chacun à une seule

spore piriforme, présentant une seule capsule polaire et mesurant de $3^{\mu},5$ à 4^{μ} de longueur sur 2^{μ} dans la plus grande largeur. Cette Microsporidie doit donc prendre place dans le genre *Nosema*. Nous l'appellerons provisoirement *Nosema* α.

Cette première observation nous a incités à rechercher si une autre espèce de *Mysidæ*, très connue dans les eaux saumâtres supralittorales de la côte du Calvados, *Neomysis vulgaris* J.-V. Thompson, était également susceptible d'être parasitée par une Microsporidie. Parmi de nombreux exemplaires de cette *Mysis*, capturés à Bénouville dans une mare d'eau saumâtre en communication avec l'Orne, nous avons trouvé quelques individus infectés. L'infection portait également sur les muscles; mais elle s'est toujours montrée légère et jamais aussi massive que chez *Mysis spiritus*. Néanmoins, nous avons pu observer les principales phases de la sporogonie et reconnaître qu'il s'agissait encore d'une Microsporidie du genre *Nosema*. Les spores sont cylindroïdes, très légèrement incurvées, arrondies aux deux extrémités et mesurent 9^{μ} de long sur $2^{\mu},5$ à 3^{μ} de large. Appelons ce parasite *Nosema* β.

Dans la nature, nous n'avons jamais rencontré *Nosema* α chez *Neomysis vulgaris*, pas plus que *Nosema* β chez *Mysis spiritus*. Étant donnée l'abondance des individus de *Mysis spiritus* parasités, nous avons été naturellement amenés à tenter l'infection de *Neomysis vulgaris* par *Nosema* α. A cet effet, nous avons nourri des *Neomysis vulgaris* capturées à Bénouville avec des cadavres de *Mysis spiritus* parasités. Parmi les individus mis ainsi en expérience, nous en avons observé un certain nombre qui, au bout de 12 à 20 jours, prenaient l'aspect blanc porcelané caractéristique de l'infection microsporidienne. Nous avons reconnu que leurs muscles renfermaient de nombreuses spores de *Nosema* α. Ainsi que Ch. Pérez (1904) (¹) l'a constaté pour *Nosema pulvis* Ch. Pérez, Microsporidie parasite du *Carcinus mænas* Pennant, l'infection commence toujours par les muscles périphériques.

Il était indiqué de tenter l'infection de *Mysis spiritus* par *Nosema* β. Mais, étant données la rareté de cette Microsporidie et la difficulté de reconnaître sur le vivant les *Neomysis vulgaris* parasitées, nous n'avons pu encore réaliser cette seconde expérience.

Quoi qu'il en soit, il est établi que *Nosema* α peut parasiter deux genres

(¹) Ch. Pérez, *Sur une nouvelle Glugéidée parasite du* Carcinus mænas. *Influence des Microsporidies sur l'organisme des Crabes* (*C. R. Soc. Biol.*, 58, 1905, p. 146-150).

différents de *Mysis*. La spécificité parasitaire de cette Microsporidie pour l'hôte n'est donc pas absolue. On connaît d'ailleurs quelques autres cas où il en est ainsi (R. Kudo, 1924-1925) [1]. C'est pourquoi, bien que la présence de Microsporidies n'ait jamais été signalée, à notre connaissance, chez les *Mysis*, nous avons hésité à nommer spécifiquement les *Nosema* de *Mysis spiritus* et *Neomysis vulgaris*. Nous admettons cependant que *Nosema* α est vraisemblablement un parasite adapté aux *Mysis*. Aussi, comme *Neomysis vulgaris* fréquente également la zone de balancement des marées, il est à prévoir que l'on trouvera un jour, soit dans la mer, soit en eau saumâtre, des exemplaires de cette espèce parasitée par *Nosema* α.

En ce qui concerne la *Nosema* β, observée chez des *Neomysis* de la mare d'eau saumâtre de Bénouville, nous inclinerions volontiers à penser, en raison de la forme de la spore, qui, à notre connaissance, n'a pas encore été observée chez les *Nosema* de Crustacés, qu'elle est normalement parasite d'un animal aquatique (larves d'insectes, par exemple), restant à déterminer, et aux dépens duquel *Neomysis vulgaris* s'est infectée dans cette station.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Vaccin antirabique formolé.* Note de M. **Edm. Plantureux**, présentée par M. Roux.

Diverses méthodes de traitement préventif de la rage après morsure, utilisées chez l'homme, ont fait leurs preuves, mais elles présentent l'inconvénient de nécessiter un grand nombre d'injections et d'imposer aux personnes traitées un assez long séjour près d'un Institut antirabique. Pour ces raisons, elles ne sont pas utilisables en médecine vétérinaire et les méthodes plus simples, essayées jusqu'ici, n'ont pas donné les résultats qu'on en attendait, ou présentent certaines difficultés d'application pratique, empêchant leur emploi de se généraliser.

De tous les antiseptiques, le formol est celui qui altère le moins les propriétés antigènes de divers microbes et les vaccins formolés ont, en outre, la réputation d'être peu toxiques et d'une longue durée de conservation.

---

[1] R. Kudo, *A biologic and taxonomic Study of the Microsporidia* (*Illinois biological Monographs*, 9, 1924, p. 1-268); *Studies on Microsporidia parasitic in Mosquitos. V. Further observations upon* Stempellia (Thelohania) magna *Kudo parasitic in* Culex pipiens *and* C. territans (*Biol. Bull.*, 48, 1925, p. 112-127).

Il serait trop long d'exposer ici, en détail, toutes les expériences qui nous ont amené au mode de préparation actuel, nous signalerons seulement, à titre d'indication, les faits suivants :

1° Les émulsions de virus fixe dans l'eau distillée, formolée à 1 pour 2000, déterminent assez fréquemment des accidents toxiques, lorsqu'on inocule de fortes doses;

2° Les émulsions dans l'eau physiologique formolée de 3, 4, 5 pour 1000, conservée à l'étuve à 37° pendant 1 à 5 semaines, perdent tout ou partie de leur pouvoir immunisant.

Technique de préparation du vaccin formolé. — Une partie de cerveau rabique, virus fixe, broyé au Latapie, est émulsionnée dans 9 parties d'eau physiologique formolée à 4 pour 1000; on passe sur de la gaze et on laisse le mélange pendant une semaine à 10-15°. Après centrifugation, le culot est dilué dans 9 parties d'eau physiologique [1].

Traitement avant infection. — 12 chiens, 10 moutons, 4 jeunes boucs ayant reçu, en 3 à 6 injections pratiquées à 1 à 4 jours d'intervalle : 70^{cm^3} à 100^{cm^3} de ce vaccin; 10 lapins : 10^{cm^3} à 80^{cm^3}, sont restés en parfaite santé. Éprouvés par la suite dans la chambre antérieure de l'œil avec du virus des rues, 6 chiens, 6 moutons, 2 boucs, 6 lapins ont résisté. Tous les témoins ont pris la rage.

L'expérience suivante a eu pour objet de vérifier l'innocuité de ce vaccin :

2 lapins ont reçu dans la même séance : l'un 100^{cm^3}, l'autre 150^{cm^3}; ils n'ont jamais présenté le moindre trouble et sont restés en excellent état d'entretien pendant plus de 5 mois d'observation. Éprouvés dans la chambre antérieure de l'œil, au cours du troisième mois, ils ont résisté.

Dans ces expériences nous avons remarqué qu'on obtenait, avec la même quantité de vaccin, une immunité d'autant plus solide qu'on pratiquait un plus grand nombre d'injections et qu'on laissait, entre chacune d'elles, un plus grand intervalle. C'est ainsi que :

Sur trois chiens ayant reçu une première injection de 10^{cm^3}, puis 17 jours après une deuxième injection de 30^{cm^3}, deux ont résisté à l'épreuve intra-oculaire de virus des rues, donnant la rage aux témoins en 8 ou 12 jours.

Au contraire, 4 chiens ayant reçu de 30^{cm^3} à 50^{cm^3} en 2 ou 3 injections pratiquées à 1 ou 2 jours d'intervalle, n'avaient acquis aucune immunité, contre la même épreuve.

---

(1) On sait que des accidents paralytiques peuvent être déterminés par l'inoculation de filtrats d'émulsions de virus rabique et il est fort possible que l'innocuité de ce vaccin soit due en grande partie, sinon entièrement, à l'élimination des produits toxiques solubles par la centrifugation.

Traitement après infection. — Après infection, où l'on doit lutter de vitesse avec le virus des rues, on ne peut attendre aussi longtemps pour pratiquer une deuxième injection, car il faut obtenir, le plus rapidement possible, une immunité suffisante pour protéger les animaux avant que la maladie n'ait eu le temps d'évoluer. Il y aurait également intérêt à multiplier le nombre d'injections, mais, en médecine vétérinaire, où le côté économique doit avant tout être envisagé, on est obligé de les réduire au minimum nécessaire.

Nous basant sur les résultats obtenus avant infection, nous avons essayé de concilier toutes ces exigences et avons procédé de la façon suivante :

Le 8 février 1926, 18 chiens sont inoculés dans les muscles de la cuisse avec 5^{cm^3} d'une émulsion au $\frac{1}{25}$ de virus des rues, 7 sont conservés comme témoins, sur les 11 autres on commence le traitement trois jours après l'infection. Ils reçoivent : le 11 février, 10^{cm^3} de vaccin; le 13 février, 15^{cm^3}; le 16 février, 20^{cm^3}; le 20 février, 30^{cm^3} (les trois dernières doses réparties en deux points). La résorption s'est faite très facilement.

Un seul traité prend la rage le 23e jour, c'est-à-dire seulement 20 jours après le début du traitement (cerveau virulent), tandis que 5 témoins sur 7 prennent la maladie en 24, 25, 27, 37 et 81 jours; un sixième témoin meurt de gastro-entérite le 63e jour. Les 10 traités restants sont encore en excellente santé.

Le nombre de témoins ayant pris la rage et les périodes d'incubation, relativement courtes, observées sur la plupart d'entre eux, indiquent la sévérité de l'inoculation d'épreuve et nous permettent de considérer les résultats obtenus comme satisfaisants.

Lorsque de nouvelles expériences auront confirmé la valeur de ce vaccin on pourra peut-être envisager son emploi dans la pratique.

La séance est levée à $16^h 15^m$.

E. P.